

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINERA,
METALURGICA Y GEOGRAFICA**

E.A.P DE INGENIERÍA GEOLOGICA

**" MAGMATISMO, PETROGRAFIA Y
ESTRATIGRAFIA DE LOS DEPOSITOS
VOLCANICOS CENOZOICOS (GRUPO
CALIPUY), EN EL SEGMENTO
CORDILLERA NEGRA, SECTOR SUR-
ANCASH"**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo

AUTOR

Diana Pajuelo Aparicio

ASESOR

Agapito Sánchez Fernández

Lima – Perú

2015



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO

En el Salón de Grados y Títulos de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, el día Martes 21 del mes de Julio del año 2015, siendo las 11:00 a.m., en presencia de los señores docentes designados como miembros del Jurado Calificador:

MG. CIRO SERGIO BEDIA GUILLÉN
MG. JAIME CÉSAR MAYORGA ROJAS
MG. JAVIER PABLO JACAY HUARACHE

(Presidente de Jurado)
(Miembro de Jurado)
(Miembro de Jurado)

Reunidos para el acto académico público de colación de la Tesis de Doña **DIANA PAJUELO APARICIO**, Bachiller en Ingeniería Geológica quien sustentará la Tesis titulada «MAGMATISMO, PETROGRAFÍA Y ESTRATIGRAFÍA DE LOS DEPÓSITOS VOLCÁNICOS CENOZOICOS (GRUPO CALIPUY), EN EL SEGMENTO CORDILLERA NEGRA, SECTOR SUR-ANCASH», para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

Los miembros del Jurado, escuchada la colación respectiva, plantearon al graduando las observaciones pertinentes, que fueron absueltas a:

Satisfacción del Jurado

El Jurado procedió a la calificación, cuyo resultado fue:

Aprobado por unanimidad con nota 18 (dieciocho)

Habiendo sido aprobada la Sustentación de Tesis por el Jurado examinador, el Presidente del Jurado, recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, proponga se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Geólogo a Doña DIANA PAJUELO APARICIO.

Siendo las 13:00 horas se dio por concluido el acto académico, expidiéndose cinco (05) Actas Originales de la Sustentación de la Tesis.

Ciudad Universitaria, 21 de Julio del 2015

[Firma]
MG. CIRO SERGIO BEDIA GUILLÉN
PRESIDENTE DE JURADO

[Firma]
MG. JAIME CÉSAR MAYORGA ROJAS
MIEMBRO DE JURADO

[Firma]
MG. JAVIER PABLO JACAY HUARACHE
MIEMBRO DE JURADO

DEDICATORIA:

A Dios, por iluminarme día a día

A mi madre Victoria Aparicio Argandoña,
Quien me brinda su amor, paciencia y alegría.

AGRADECIMIENTOS

La presente tesis para optar el título profesional fue llevado a cabo en la dirección de Geología Regional con la aprobación del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), durante el desarrollo del proyecto GR4: “Geología de las rocas volcánicas de la Cordillera Occidental del norte del Perú”. Agradezco al Dr. Víctor Carlotto Caillaux por las facilidades brindadas para desarrollar el estudio. Así mismo al Ing. Pedro Navarro Colque por transmitir sus conocimientos y experiencia en los temas geológicos, durante las campañas de campo y gabinete, las sugerencias, observaciones, entusiasmo y sobre todo la confianza brindada a lo largo del desarrollo de la tesis y durante mi desarrollo profesional en el proyecto.

Agradezco al asesor académico de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ing. Agapito Sanchez Fernandez, por las sugerencias, detalle y seriedad en sus correcciones, pues esto llevó a ser más exigente conmigo misma y llevaron como resultado el presente estudio de investigación.

Un agradecimiento adicional a la Dra. Miriam Mamani Huisa y el Ing. Javier Jacay Huarache, por transmitir con paciencia sus conocimientos geológicos, sugerencias y consejos en cada pregunta realizada.

Un reconocimiento y agradecimiento a los integrantes del Laboratorio de Petromineralogía Ana Luz Condorhuamán Suarez, Miguel Chumbe, porque además de los resultados brindados, me ayudaron a resolver mis preguntas y dudas en el área de la petromineralogía.

A Lisenia Chávez Zandonás, Elizabeth Ordoñez López, Greethel Rodriguez Aycho porque además de sus conocimientos transmitidos en campo, las sugerencias y recomendaciones ayudaron en el desarrollo de la presente tesis.

A Sandra Choquehuanca, Daniel Torres, Cristina Cereceda por el apoyo en sus conocimientos en las áreas que se especializan.

No puedo olvidar de mencionar y agradecer a Israel Sangay Yupanqui por su apoyo y amor incondicional, sugerencias y consejos tanto en geología como en el aspecto personal.

A las personas de las diversas comunidades por las facilidades brindadas y a los conductores Felix Franco y Eddi porque también fueron parte importante en el desarrollo y transporte en las campañas de campo.

No puedo olvidar agradecer a quienes me apoyaron moralmente para la culminación de esta tesis a cada miembro de mi familia por su entusiasmo y recomendaciones. Además, agradecer a mis amigos Ana Cecilia Anastacio, Claudia Fabian, Yndhira Chavez, David Moreyra, Paul Robles, Paola Llamoca, Antonella Galetto y gracias por el último empujoncito Yenny Casallas.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE.....	iii
LISTADO DE FIGURAS	viii
LISTADO DE MAPAS	xii
LISTADO DE FOTOMICROGRAFÍAS	xiii
LISTADO DE TABLAS	xiv
LISTADO DE ABREVIATURAS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii

CAPÍTULO I – GENERALIDADES

1.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	1
1.2 GEOMORFOLOGÍA	3
1.2.1. CORDILLERA BLANCA	3
1.2.2. ALTIPLANICIE.....	5
1.2.3. CORDILLERA NEGRA.....	5
1.3.4. ZONA DE LADERAS	6
1.3 ANTECEDENTES	7
1.4 HIPÓTESIS	8
1.5 OBJETIVOS.....	9
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	9
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9

CAPITULO II – MARCO TEÓRICO

2.1 CLASIFICACIÓN DE VOLCANES SEGÚN SU FORMA.....	10
2.1.1 ESTRATOVOLCÁN.....	10
2.1.2 CALDERA	11
A) Volcanismo pre colapso	11
B) Colapso de caldera.....	12
C) Resurgencia y depositación postcaldera	12
2.1.3 VOLCANES TIPO ESCUDO	12
2.1.4 PLATAFORMA DE LAVAS	13
2.2 APLICACIÓN DE TÉRMINOS.....	13

2.3 DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS	14
2.4 NOMENCLATURAS	14
2.5 RANGOS DE UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	15
2.6 CRISTALIZACIÓN FRACCIONADA.....	15
2.7 GEOQUÍMICA	17
2.7.1 ELEMENTOS MAYORES	17
2.7.2 ELEMENTOS TRAZA	17
2.7.3 COEFICIENTE DE PARTICIÓN Y SUS VARIABLES	17
2.7.4 TIERRAS RARAS Y DIAGRAMA MULTIELEMENTAL.....	18
2.7.5 CORTEZA ANFIBOLÍTICA Y ECLOGÍTICA	18
2.7.6 NORMALIZACIÓN AL CONDRITO.....	18
2.7.7 SERIE ILMENITA – MAGNETITA	18

CAPITULO III - METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 GABINETE 1.....	19
3.2 CAMPO	19
3.3 GABINETE 2	19

CAPÍTULO IV – MARCO GEOLÓGICO

4.1 UNIDADES MESOZOICAS.....	24
4.1.1 FORMACIÓN CHICAMA	25
4.1.2 FORMACIÓN OYÓN.....	25
4.1.3 GRUPO GOYLLARISQUIZGA.....	26
A) Formación Chimú.....	26
B) Formación Santa.....	26
C) Formación Carhuaz.....	27
4.1.4 GRUPO CASMA	27
4.1.5 BRECHAS SEDIMENTARIAS DE CUARCITAS	28
4.2 UNIDADES CENOZOICAS	29
4.2.1 GRUPO CALIPUY	29
4.2.2 FORMACIÓN FORTALEZA	31
4.2.3 GRUPO LLOCLLA.	32
4.2.4 DEPÓSITOS CUATERNARIOS.....	32
4.3 ROCAS INTRUSIVAS Y/O SUBVOLCÁNICAS.	33
4.4 SISTEMAS ESTRUCTURALES.	35
4.4.1 ANÁLISIS DE LINEAMIENTOS EN IMAGEN SATELITAL	35

4.4.2 FALLAS	37
A) Falla Pariamarca.....	37
B) Falla Lliuyac Cruz	37
C) Falla Lacmacha.....	38
D) Falla Verde Cochapunta	39
E) Prolongación de fallas de la Cordillera Blanca.....	39

CAPÍTULO V– ESTRATIGRAFÍA VOLCÁNICA Y ROCAS INTRUSIVAS

5.1 ZONA 1: MARCA – RÍO SANTA.....	43
5.1.1 ROCAS VOLCÁNICAS	43
A) Corte A – A': Marca – Quebrada Lliuyac Cruz	43
B) Corte B - B': Río Santa – Quebrada Lliuyac Cruz	50
5.1.2 ROCAS INTRUSIVAS	56
5.2 ZONA 2: HUAYLLACALLÁN/CONGAS – CONOCOCHA – CHIQUIÁN.....	58
5.2.1 ROCAS VOLCÁNICAS	58
A) Corte C - C': Huayllacayán/ Congas – Cerro Mina Punta	58
B) Corte D - D': Chiquián – Conococha	65
5.2.2 ROCAS INTRUSIVAS	69
5.3 ZONA 3: OCROS – CORPANQUI.....	71
5.3.1 ROCAS VOLCÁNICAS	71
A) Corte E – E': Ocros – Corpanqui	71
5.3.2 ROCAS INTRUSIVAS	76
5.4 DESCRIPCIÓN DE SECCIONES GEOLÓGICAS	79
5.4.1 SECCIÓN GEOLÓGICA A - A' / B – B'	79
5.4.2 SECCIÓN GEOLÓGICA C - C' / D – D'	79
5.4.3 SECCIÓN GEOLÓGICA E - E'	79
5.5 CORRELACIÓN LITOSTRATIGRÁFICA	80
5.5.1 CORRELACIÓN LITOSTRATIGRÁFICA ENTRE LOS CORTES A-A' / B-B' (ZONA 1) Y C-C'/D-D' (ZONA 2)	80
5.5.2 CORRELACIÓN LITOSTRATIGRÁFICA ENTRE LOS CORTES A-A' (ZONA 1), C-C' (ZONA 2) Y E-E' (ZONA 3)	83
5.5.3 IDENTIFICACIÓN DE FORMACIONES ENTRE LOS CORTES A-A' (ZONA 1), C-C' (ZONA 2) Y E-E' (ZONA 3)	86

CAPÍTULO VI – CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS MICROSCÓPICAS Y GEOQUÍMICAS DE ROCAS IGNEAS

6.1 CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS MICROSCÓPICAS	89
6.1.1 ZONA 1: Marca - Río Santa.....	91
A) CÓDIGO DE MUESTRA: GR4-11-213	
Litología: Lava Andesítica Plazapunta.....	91
B) CÓDIGO DE MUESTRA: GR4-11-217	91
Litología: Domo Pórfido Dacítico Callhuas Talla	
6.1.2 ZONA 2: Huayllacayán/Congas – Conococha - Chiquián.....	92
A) CÓDIGO DE MUESTRA: GR4-11-329	
Litología: Lava Andesítica Chinchamarca	92
B) CÓDIGO DE MUESTRA: GR4-11-130)	
Litología: Intrusivo Cuarzo Monzodiorita Mina Punta	93
6.1.3 ZONA 3: Ocos – Corpanqui	94
A) CÓDIGO DE MUESTRA: GR4-11-119	
Litología: Domo Cuarzo Andesita Cuartel Corral.....	94
B) CÓDIGO DE MUESTRA: GR4-11-326.....	95
Litología: Intrusivo Cuarzodiorita Ocos	95
C) CÓDIGO DE MUESTRA: GR4-11-116	
Litología: Intrusivo Cuarzo Monzodiorita Corpanqui.....	96
6.2 CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS	99
6.2.1 ELEMENTOS MAYORES.....	101
6.2.2 DIAGRAMAS TIPO HARKER	102
6.2.3 ELEMENTOS TRAZA	104
A) Razones entre Cocientes	104
B) Relación de ocurrencia de minerales respecto a la geoquímica de rocas volcánicas e intrusivas.	106
C) Perfiles de concentración de Tierras Raras	107

CAPÍTULO VII - EVOLUCIÓN VOLCÁNICA Y EMPLAZAMIENTO DE ROCAS INTRUSIVAS

7.1 PRE CALIPUY (CRETÁCICO SUPERIOR - PALEÓGENO)	109
7.2 FORMACIÓN DEL ARCO VOLCÁNICO CONTINENTAL – GRUPO CALIPUY (EOCENO – MIOCENO INFERIOR?).....	109
7.2.1 FORMACIÓN INFERIOR O CHICCHEPUNTA	109
A) Rocas Intrusivas	109
7.2.2 FORMACIÓN MEDIO O PIRCAY	109
A) Sistema De Fallas	110
7.2.3 FORMACIÓN SUPERIOR O CHURURO.....	110
7.3 POST CALIPUY	110
 CONCLUSIONES	 111
RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFÍA	112

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1.- Vista al este de los nevados de la Cordillera Blanca, nevado Rajo Cutac, en los niveles inferiores se observa una zona de altiplanicie.

Figura 1.2.- Vista al noreste de la laguna Conococha, altiplanicie de origen fluvio-glaciar. En el lado izquierdo se encuentra la Cordillera Negra y al fondo se observa a la Cordillera Blanca.

Figura 1.3.- Vista al sureste, valle tipo “U” de origen glaciar, a los alrededores afloran rocas volcánicas.

Figura 1.4.- Vista suroeste del río Fortaleza, zona de laderas occidental, valle tipo “V”.

Figura 1.5.- Vista al norte del río Pativilca, en la figura se muestra (A) los depósitos coluviales y (B) las laderas empinadas.

Figura 2.1.- Gráfico de subducción y formación de volcanes modificado a partir de Seyfried et al., 1999 y <https://www.uclm.es/profesorado/egcardenas/subduccion.htm>

Figura 2.2.- Estratovolcán y los productos emitidos.

Figura 2.3.- Esquema generalizado del ciclo de una caldera (Lipman, 1984) y ejemplo de sección geológica en un área con calderas del Eoceno (Lipman, 2008).

Figura 2.4.- Volcán tipo escudo y características

Figura 2.5.- Esquema de una plataforma de lavas controlado por fisuras.

Figura 2.6.- Clasificación de rocas volcánicas piroclásticas según sus componentes.

Figura 2.7.- Serie de Bowen

Figura 2.8.- Minerales comunes en rocas ígneas.

Figura 2.9.- Mineralogía de las principales rocas ígneas.

Figura 2.10.- Categorización de elementos para rocas ígneas. Elementos compatibles e incompatibles.

Figura 3.1.- Esquema de la metodología de trabajo.

Figura 4.1.- Columna estratigráfica generalizada dentro del área de estudio.

Figura 4.2.- Carretera Llaclla – Roca, afloramiento de lutitas pizarrosas gris oscuras buzando al oeste, Formación Chicama.

Figura 4.3.- Afloramiento de estratos hasta de 35cm de areniscas de color gris, intercaladas con capas de lutitas de la Formación Oyón, cuya dirección es N50°/10°NO. Ubicadas en la carretera del poblado Cuspón – Roca, sur de Chiquián.

Figura 4.4.- Vista al oeste del río Santa al norte de la laguna Conococha anticlinal de la Formación Chimú.

Figura 4.5.- Carretera Marca – Huayllapampa, Formación Carhuaz. Afloramiento de capas de areniscas. Presenta una dirección de N150°/45°O.

Figura 4.6. – Afloramiento de lavas con estructura almohadillada. Carretera Congas-San Pedro de Copa.

Figura. 4.7.- Al oeste de la laguna Conococha, estratos con brechas sedimentarias de areniscas cuarzosas, con dirección N35°/35°SE, clastos angulosos a subangulosos.

Figura 4.8.- Sección vertical del Grupo Calipuy cerca de Tapacocha, Ancash (Tomado y modificado de Webb, 1976).

Figura 4.9.- Vista al caserío de Pacar (Marca), (A) contacto entre rocas piroclásticas y (B) rocas sedimentarias de la Formación Carhuaz.

Figura 4.10.- Vista al sur, valle del río Fortaleza. (A) Formación Fortaleza paleorelieve (B) formado por rocas volcánicas del Grupo Calipuy.

Figura 4.11- Vista al flanco este del río Santa, vista sur este a este. (A) Formación Lloclla sobreyace a (B) depósitos volcánicos del Grupo Calipuy.

Figura 4.12. – Vista hacia el este, Cordillera Blanca, quebrada Acaca Ragra, se observan depósitos cuaternarios glaciares y en la base planicie cuaternaria.

Figura 4.13- Vista al cerro Pariamarca. Sur de Congas, roca intrusiva representada con la simbología “X” corta a rocas volcanosedimentarias del Grupo Casma, representadas por la letra “V”.

Figura 4.14.- Vista del Google Earth, en el lado derecho las capas presentan buzamiento al noroeste, pasando la quebrada Lliuyac Cruz, las capas se encuentran plegadas. La foto inferior es una vista al eje de anticlinal, se observa como las capas presentan curvatura y en el fondo buzan al este.

Figura 4.15.-Vista al norte, en la quebrada Lacmacha de las capas con buzamiento vertical en medio de capas que buzan al oeste y este con ángulos suaves.

Figura 4.16.- Afloramiento en el cerro Verde Cochapunta vista comparativa de Google Earth y campo. Foto de capas de rocas sedimentarias en contacto con rocas volcánicas, en la prolongación al noroeste en la carretera a Ocros.

Figura 4.17.- Foto de nevado Rajo Cutac en la Cordillera Blanca con vista noroeste sureste, La falla normal recorre por la base de esta montaña. La depresión en el medio corresponde al Grupo Lloclla y depósitos fluvioglaciares recientes. La línea entrecortada muestra la ubicación del paso del sistema de fallas de la Cordillera Blanca.

Figura 5.1.- Vista al este, flanco oeste del cerro Chicchapunta, las tobas de cristales sobreyacen en discordancia a las rocas sedimentarias de la Formación Carhuaz localizado en la base con colores rojizos.

Figura 5.2.- Afloramiento de contacto entre (A) Limoarcillitas rojizas, contiene clastos negros pequeños, sobreyacen (B) Tobas de cristales con algunos fragmentos líticos volcánicos heterogéneos, se ubican en la base oeste del cerro Chicchapunta.

Figura 5.3.- Vista a la base del cerro Altar contacto entre toba de cristales Chicchapunta de morfología suave infrayaciendo a un miembro de aspecto tabular de tobas de cristales. Foto con vista al este.

Figura 5.4.- Vista cercana de la toba de cristales, en círculo se muestran fragmentos líticos y con flechas se indican los cristales de plagioclasa y cuarzo.

Figura 5.5.- Muestra de mano de lava andesítica.

Figura 5.6.- Vista del contacto entre (A) aglomerados piroclásticos y (B) tobas de cristales.

Figura 5.7.- Vista de detalle de tobas de cristales ricas en cuarzo, en algunos casos la pómez se encuentra (A) lixiviada y en otras (B) bien preservadas (flechas rojas).

Figura 5.8.- Afloramiento de aglomerados piroclásticos a la base del cerro Ichicarhuacpunta.

Figura 5.9.- Lavas andesíticas con buzamiento al noreste en los (A) cerros Plazapunta donde presenta una matriz gris oscura y en (B) y (C) los flancos de la quebrada Lliuyac Cruz presentan una matriz más clara

Figura 5.10.- Brechas y aglomerados piroclásticos al oeste de la quebrada Lliuyac Cruz.

Figura 5.11.- Vista de bloques de hasta 1.30m. Parte de aglomerados piroclásticos.

Figura 5.12.- Vista al este, hacia el cerro Chururo, capas de toba lítica sobreyacen a brechas y aglomerados piroclásticos.

Figura 5.13.- Vista al sur, entre el río Santa y Llyullac Cruz, contacto entre toba de cristales y toba de cristales rica en cuarzo, a la base afloran sínter calcáreo.

Figura 5.14.- Vista al norte, cerro Chaquicocha, afloramiento de aglomerados piroclásticos con fragmentos líticos tamaño bombas homogéneas.

Figura 5.15.- Columna estratigráfica en la zona 1: Marca – Río Santa. En la dirección A – A' y B – B'.

Figura 5.16.- Fotos de domos andesíticos y dacíticos en los cerros Lliuyac Cruz, Huicnapunta, Chopijirca y Jatunanchachanan.

Figura 5.17.- Vista al cerro Limajirca al norte de Marca.

Figura 5.18.- Afloramiento y detalle del emplazamiento de lavas andesíticas al sur del cerro Chinchasmarcha.

Figura 5.19.- Vista al cerro Chinchasmarcha y Toca, (A) en la base toba de cristales de aspecto masivo y en los niveles superiores (B) toba de cristales de aspecto tabular.

Figura 5.20.- Vista al Cerro Shoclin, tobas líticas de forma tabular, en la vista de detalle al afloramiento se observan fragmentos líticos subredondeados.

Figura 5.21.- Afloramiento en el cerro Santa Cruz, miembro tabular de toba de cristales con detalle de sus componentes.

Figura 5.22.- Afloramiento en el cerro Ancosh, miembro de tobas de cristales, presenta aspecto pseudotabular.

Figura 5.23.- Afloramiento de aspecto tabular de brechas piroclásticas en la quebrada Lacmacha., La flecha indica los plegamientos que presenta.

Figura 5.24.- Vista al suroeste, carretera a Ocos donde se observan rocas volcánicas de aspecto masivo.

Figura 5.25.- Vista al cerro Millpo, en esta vista las tobas vítreas presentan aspecto masivo.

Figura 5.26.- Vista al cerro Contrayerba se observa (A) a la base toba de cristales correspondientes al cerro Pichachuain y (B) sobreyacen tobas líticas de aspecto tabular.

Figura 5.27.- Vista al cerro Saquicocha, en las partes altas afloran capas de tobas de cristales.

Figura 5.28.- Afloramiento tabular de lavas andesíticas en el cerro Yanapunta.

Figura 5.29.- Carretera a Antamina, afloramiento de estratos volcanosedimentarios, color rojizos.

Figura 5.30.- Afloramiento en el cerro Ñupo, vista de aglomerados piroclásticos, bloques redondeados a subredondeados.

Figura 5.31.- Afloramiento tabular de (A) tobas de cristales y (B) en la vista de detalle se observa la dirección de los cristales.

Figura 5.32.- Afloramiento tabular de lavas andesíticas al este de la quebrada Tuco Ragra.

Figura 5.33.- Columna estratigráfica en la zona 2: Huayllacayán/Congas – Conococha - Chiquián. En la dirección C – C' y D – D'.

Figura 5.34.- Afloramiento de rocas intrusivas en el área 2 (A) tipo cuarzodiorita al este de Yamor y (B) cuarzomonzodiorita en el cerro Mina Punta ubicado al suroeste de la laguna Conococha.

Figura 5.35.- Afloramiento de toba de cristales en el cerro Intijeganan, en detalle se observa matriz gris verdosa.

Figura 5.36.- Afloramiento en el cerro Millishcocha, intercalaciones de lavas y rocas volcanoclásticas en los niveles superiores se encuentran niveles de sínter intercalado con lapillita.

Figura 5.37.- Afloramiento en el cerro Millishcocha, en la base (A) intercalaciones de rocas volcanoclásticas y volcánicas, en los niveles superiores en discordancia angular (B) afloramientos masivos de toba de cristales.

Figura 5.38.- Afloramiento tabular de toba de cristales en el cerro Carpo Alto.

Figura 5.39.- Afloramiento en el cerro Querococha, en los niveles inferiores(A) de forma tabular lavas andesíticas las cuales son cubiertas por (B) tobas de cristales.

Figura 5.40.-Roca de toba vítrea en Cuartel Corral.

Figura 5.41.- Columna estratigráfica en la zona 3: Ocros – Corpanqui. En la dirección E – E'.

Figura 5.42.- Vista al cerro Cuartel Corral donde aflora el domo andesítico cortando secuencias de tobas vítrea.

Figura 5.43.- Afloramiento de rocas intrusivas en la zona (A) Cuarzodiorita ubicada entre Ocros y cerro Intijeganan, (B) Roca hipabisal granito ubicado en la quebrada Chonta y (C) Cuarzomonzodiorita ubicada en la localidad de Corpanqui.

Figura 5.44.- Correlación litoestratigráfica entre los cortes A-A' / B-B' (Zona 1) y C-C' / D-D' (Zona 2).

Figura 5.45.- Correlación litoestratigráfica entre los cortes A-A' (Zona 1), C-C' (Zona 2) y E-E' (Zona 3).

Figura 5.46.- Identificación de formaciones entre los cortes A-A' (Zona 1), C-C' (Zona 2) y E-E' (Zona 3).

Figura 6.1.- (A) Diagrama de TAS (Álcalis total vs. Sílice), Le Maitre et al. (1989) (B) Relación K_2O vs. Sílice según Rickwood (1989) y (C) Relación FeO_{total} vs. SiO_2 de rocas volcánicas e intrusivas.

Figura 6.2.- (A), (B), (C), (D), (E) y (F) Diagramas tipo Harker para las rocas ígneas, los contenidos de óxidos fueron recalculados al 100% y se encuentran libres de base de volátiles.

Figura 6.3.- Diagrama de relación de cocientes de elementos traza (A) Dy/Yb y (B) Sm/Yb vs. Sílice en rocas intrusivas y volcánicas, y (C) Ce/Y vs. Sílice en rocas volcánicas.

Figura 6.4.- Diagramas de razones entre cocientes (A) Ce/Y vs. Ce determina la asociación respecto a la fusión del a corteza terrestre, (B) Eu/Eu^ vs. Sr/Y , donde indica el tipo de magma y el nivel de asimiliación en la corteza; y (C) el diagrama FeO_{total} vs. Eu/Eu^* indica la asociación con los elementos calcófilos y litófilos y respectiva asociación con ocurrencias minerales, de acuerdo a Lang & Baker (2001).*

Figura 6.5.- Perfil de concentración de Tierras Raras para rocas volcánicas.

Figura 6.6.- Perfil de concentración de Tierras Raras para rocas intrusivas.

LISTADO DE MAPAS

Mapa N° 1.1.- Mapa de ubicación y accesos. Escala 1:500,000

Mapa N° 1.2.- Mapa Geomorfológico. Escala 1:200,000

Mapa N° 4.1.- Mapa y perfil geológico regional. Escala 1:1, 000,000

Mapa N° 4.2.- Mapa geológico del área de estudio. Escala 1:200,000

Mapa N° 4.3.- Mapa de lineamientos regionales. Escala 1:200,000

Mapa N° 5.1.- Mapa de ubicación de zonas de descripción litológica. Escala 1:200,000

Mapa N° 5.2.- Mapa y sección geológica, zona 1. Escala 1:75,000

Mapa N° 5.3.- Mapa y sección geológica, zona 2. Escala 1:75,000

Mapa N° 5.4.- Mapa y sección geológica, zona 3. Escala 1:75,000

Mapa N° 5.5.- Mapa de correlación litoestratigráfica entre los cortes A-A' /B-B' (Zona 1) y C-C' /D-D' (Zona 2). Escala 1:200,000

Mapa N° 5.6.- Mapa de correlación litoestratigráfica entre los cortes A-A' (Zona 1), C-C' (Zona 2) y E-E' (Zona 3). Escala 1:200,000

Mapa N° 5.7.- Mapa con identificación de formaciones entre los cortes A-A' (Zona 1), B-B' (Zona 2) y E-E' (Zona 3). Escala 1:200,000

Mapa N° 6.1.- Mapa geológico y ubicación de muestras petrográficas, escala 1:150,000

Mapa N° 6.2.- Mapa geológico y ubicación de muestras geoquímicas, escala 1:150,000

LISTADO DE FOTOMICROGRAFÍAS

Fotomicrografía 6.1: Muestra N° GR4-11-213 en NXs.

Fenocristales de plagioclasas en matriz con microcristales de plagioclasas, vidrio y minerales opacos. Las plagioclasas son alteradas a carbonatos, epidota, minerales opacos y cloritas: PGLs (CBs-ep-OPs-CLOs), un sector presenta una mayor alteración de los minerales opacos (OPs) a óxidos de hierro: PGLs-vd-OPs-OXsFe.

Fotomicrografía 6.2: Muestra N° GR4-11-217 en NXs

Fenocristales de plagioclasas en matriz microgranular de cuarzo, plagioclasa y feldespatos potásicos.

Fotomicrografía 6.3: Muestra N° GR4-11-238 en NXs.

Textura traquítica, fenocristales de plagioclasas en matriz microcristalina constituida por plagioclasas, vidrio, minerales opacos alterados por cloritas, arcillas y óxidos de hierro: PGLs-vd-OPs (CLOs-ARCs-OXsFe).

Plagioclasas alteradas en sus bordes a cloritas, minerales opacos y arcillas: PGLs(CLOs-OPs-ARCs), moldes de ferromagnesianos reemplazados por cloritas, minerales opacos y epidota: CLOs-OPs-ep.

Fotomicrografía 6.4: Muestra N° GR4-11-238 en NXs.

Plagioclasa recristalizada, albitización y posterior inclusión de plagioclasas.

Fotomicrografía 6.5: Muestra N° GR4-11-130 en NXs

Cristales de plagioclasas alteradas por sericita y con inclusiones de piroxenos, anfíboles y minerales opacos: PGLs (ser-PXs-ANFs-OPs), cuarzo (cz), feldespatos potásicos alterados a arcillas: FPKs(ARCs), anfíboles alterados a cloritas y biotitas: ANFs(CLOs-bt).

Fotomicrografía 6.6: Muestra N° GR4-11-130 en NXs.

Cristal de plagioclasa hipidiomorfa con maclas polisintéticas y zonación, cada intervalo de la zonación presenta alteración a sericita. En el sector medio presenta inclusión piroxenos.

Fotomicrografía 6.7: Muestra N°: GR4-11-119 NXs

Fenocristales de plagioclasas en matriz constituida por plagioclasas, cuarzo, piroxenos, anfíboles, cloritas y carbonatos.

Fotomicrografía 6.8: Muestra N°: GR4-11-119 NX

Fenocristal de plagioclasa alterados por micas-sericita, en matriz traquítica.

Microfotografía 6.9: Muestra N° GR4-11-326 NXs.

Textura idiomorfa, cristales de plagioclasas alteradas a sericita y cloritas (PGLs-ser-CLOs), cuarzo (cz), feldespatos potásicos (FPKs), anfíboles alterados a biotita y minerales opacos.(ANFs-bt-OPs), biotita alteradas a minerales opacos (bt-OPs), minerales opacos (OPs) diseminados.

Microfotografía 6.10: Muestra N°: GR4-11-116 NXs.

Textura hipidiomorfa con cristales de plagioclasas alterados por sericita (PGLs-ser), feldespatos potásicos alterados a arcillas (FPKs-ARCs), cuarzo (cz), anfíboles alterados a cloritas (ANFs-CLOs) y biotita ligeramente cloritizada (bt-CLOs).

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1.- Clasificación de los rasgos litológicos y litofacies.

Tabla 2.2.- Características importantes en la descripción de rocas volcánicas: Lavas y depósitos piroclásticos.

Tabla 4.1.- Relaciones litológicas del Grupo Calipuy en el sector de Tapacocha según Webb (1976)

Tabla 6.1.- Resumen del análisis microscópico en rocas volcánicas

Tabla 6.2.- Resumen del análisis microscópico en rocas intrusivas.

LISTADO DE ABREVIATURAS

Plg – PLGs: Plagioclasa - plagioclasas

Cz: Cuarzo

Ort – FPKs: Ortosa – Feldespatos potásicos

Bt: Biotita

Anf – ANFs: Anfíbol - anfíboles

Px – PXs: Piroxeno - piroxenos

CBs: Carbonatos

Ep: Epidota

OPs: Minerales opacos

CLOs: Cloritas

Vd: Vidrio

OXsFe: Óxidos de Fe

ARCs: Arcillas

Ser: Sericita

Nxs: Nícoles cruzados

ppm: Partes por millón

Wt%: Weight percent – Concentración porcentual en peso

REE: Rare earth elements – Tierras Raras

LOI: Loss of ignition (Pérdida por ignición)

LREE: Light rare earth elements (Tierras raras ligeras)

Ma: Millones de años

msnm: Metros sobre el nivel del mar

RESUMEN

El área de estudio se encuentra ubicada en el norte del Perú, al sur del departamento de Ancash. La morfología está compuesta por laderas occidentales y orientales, la Cordillera Negra, la altiplanicie y el segmento final de la Cordillera Blanca.

La Cordillera Negra se encuentra conformada en su mayoría, por rocas volcánicas del Cenozoico reconocidas como Grupo Calipuy y en menor cantidad, afloramientos de rocas intrusivas. Las rocas volcánicas fueron emitidas a partir del Eoceno hasta el Mioceno.

El objetivo del presente estudio es diferenciar las unidades volcánicas en miembros litológicos y complementar el estudio con las características microscópicas y geoquímicas para determinar la ubicación de los centros de emisión de las rocas volcánicas y así reconstruir la evolución volcánica. La metodología consistió en la fotointerpretación usando imágenes satelitales y fotografías aéreas para diferenciar los contactos entre las unidades litológicas. En campo se realizó el cartografiado geológico, cortes esquemáticos y recolección de muestras para estudios microscópicos y análisis geoquímicos en rocas de emplazamiento de lavas, domos y rocas intrusivas.

El contexto geológico regional indica que las rocas volcánicas del Grupo Calipuy se encuentran al oeste del Complejo Marañón y la faja plegada del Paleozoico y Mesozoico; cubriendo en discordancia angular a los Grupos Chicama, Goyllarizquizga y en el sector oeste el Grupo Casma y las rocas intrusivas del Batolito de la Costa.

Se identificaron fallas que afectan a las rocas volcánicas del Calipuy en las quebradas Lliuyac Cruz, Lacmacha y Verde Cochapunta las cuales se encuentran en la prolongación de lineamientos regionales NO-SE.

Para una mejor descripción de las unidades litoestratigráficas, el área se subdivide en tres zonas 1, 2 y 3, dentro de las cuales se realizan 5 cortes geológicos de la siguiente manera: En la zona 1: El corte A-A' (Desde la localidad de Marca a la quebrada Lliuyac Cruz) y B-B' (Desde el río Santa a la quebrada Lliuyac Cruz). En la zona 2: El corte C-C' (Desde las localidades de Huayllacayán/Congas hasta el cerro Mina Punta) y D-D' (Desde la localidad de Chiquián hasta Conococha) y en la zona 3: El corte E-E' (Desde la localidad de Congas hasta Corpanqui).

La identificación de las litofacies, texturas, componentes, tamaño de grano y espesor en los afloramientos, ayudaron a comparar los miembros de una zona con otra.

La ubicación espacial de las unidades litoestratigráficas permitió identificar dos centros de emisión Jatunan y Paltacayan, los cuales corresponden a las últimas emisiones volcánicas del Grupo Calipuy.

El estudio de las características microscópicas permitieron identificar la forma y distribución de los fenocristales y microcristales en lavas, domos y rocas intrusivas, estas muestras también fueron utilizadas para análisis geoquímico. Los resultados geoquímicos confirman que las rocas ígneas pertenecen a la serie calcoalcalina y derivan de magmas húmedos. Las rocas del centro de emisión Jatunan derivan de magmas con asimilación profunda y presentan minerales formados a mayor presión, las rocas volcánicas del centro de emisión Paltacayan derivan de magmas con asimilación somera.

La información acerca de la estratigráfica, petrográfica y geoquímica en rocas volcánicas e intrusivas permiten reconocer tres etapas volcánicas. La última de éstas se encuentra controlada por el sistema de fallas Lliuyac Cruz.

ABSTRACT

The study area is located at the north of Peru, south of Ancash. The morphology consists of western and eastern slopes, Cordillera Negra, upland and the final segment of the Cordillera Blanca.

The Cordillera Negra is composed almost of volcanic Cenozoic rocks named as Calipuy Group. There are also intrusive rocks outcrops. The volcanic rocks were erupted between the Eocene to the Miocene.

The aim of the study is recognize the volcanic units and divide it in members. The information is supplemented by the microscopic and geochemistry features to localize the place where volcanic rocks come and rebuild the volcanic evolution.

The methodology consisted in the photo interpretation, using satellite imagery and aerial photo to differentiate the contacts between lithological units. Later on, the mapping, geological sections and collections of samples for microscopic and geochemistry studies in lavas, domes and intrusive rocks were made on the field.

The regional geologic context suggests that the volcanic rocks of Calipuy Group are located at the west of Marañón complex and the Paleozoic and Mesozoic fold belt, covering with angular unconformity the Chicama and Goyllarizquizga Group and up to the west is located the Casma Group and the intrusive rocks of the Batolito de la Costa.

The faults that have an influence in the volcanic rocks were identified in the Lliuyac Cruz, Lacmacha and Verde Cochapunta ravines, they are located in the regional lineaments NW-SE.

For a better description of the lithostratigraphic units, the area was divided in three places named as 1, 2 and 3, inside of it were made 5 geologic sections as follow: First place: Section A-A' (From Marca to Lliuyac ravine) and B-B' (From Santa river to Lliuyac Cruz ravine). Second place: Section C-C' (From Huayllacayán/Congas to Mina Punta's hill) and D-D' (From Chiquián to Conococha). The third place: Section E-E' (From Congas to Corpanqui).

The identification of the lithofacies, textures, components, grain size and thickness in the outcrops helped to compare the members in each place.

The spatial distribution of the lithologic units allowed identify 2 volcanic centers named Jatunan and Paltacayan, wich correspond to recent volcanic emissions from the Calipuy Group.

The study of the microscopic features allowed identifying the shape and distribution of the phenocrysts and microcrysts in lavas, domes and intrusive rocks, these samples were used for geochemical analysis. The geochemical results in igneous rocks confirm a calco-alkali and wet magma character. The rocks from Jatunan volcanic center comes from magmas with profound assimilation and the minerals were formed under pressure. The volcanic rocks from Paltacayan volcanic center comes from magmas with shallow assimilation.

The information about the stratigraphy, petrography and geochemistry in volcanic and intrusive rocks allowed recognize three volcanic episodes. The last of these, is controlled by the Lliuyac Cruz system fault.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

Las rocas volcánicas continentales del Cenozoico afloran en una franja NO-SE al oeste del Perú, se expande en mayor amplitud en el sur peruano. Este conjunto de rocas ubicado entre los paralelos 7° a 11°30' reciben el nombre de volcánicos Calipuy (Cossio, 1964). En los cuadrángulos de Cajamarca y Chepén se subdivide en formaciones tales como Llama, Tembladera, Chilete, San Pablo y Huambo (Reyes, 1980) diferenciadas por sus características litológicas y posición estratigráfica. Entre los paralelos 8°30' y 10°30' se le asigna el nombre de Grupo Calipuy y se identifican dos niveles litológicos separados por discordancias angulares, por lo cual se le subdivide en Formación Calipuy inferior y superior (Webb, 1976).

Esta franja volcánica denominada Calipuy no presenta conos volcánicos, sin embargo, se identifica en algunas zonas con estructuras circulares, lo que lleva a inferir una probable ubicación del centro volcánico de emisión.

Identificando las unidades litológicas y agrupándolas se pueden inferir eventos volcánicos, los cuales pueden variar lateralmente, también se pueden identificar características geoquímicas particulares. Los emplazamientos de lavas pueden ayudar a la identificación de la proximidad a un centro de emisión, además de la presencia del emplazamiento de domos. Dentro de un campo volcánico se pueden encontrar rocas intrusivas, estos detalles sirven para conocer la evolución volcánica.

1.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.

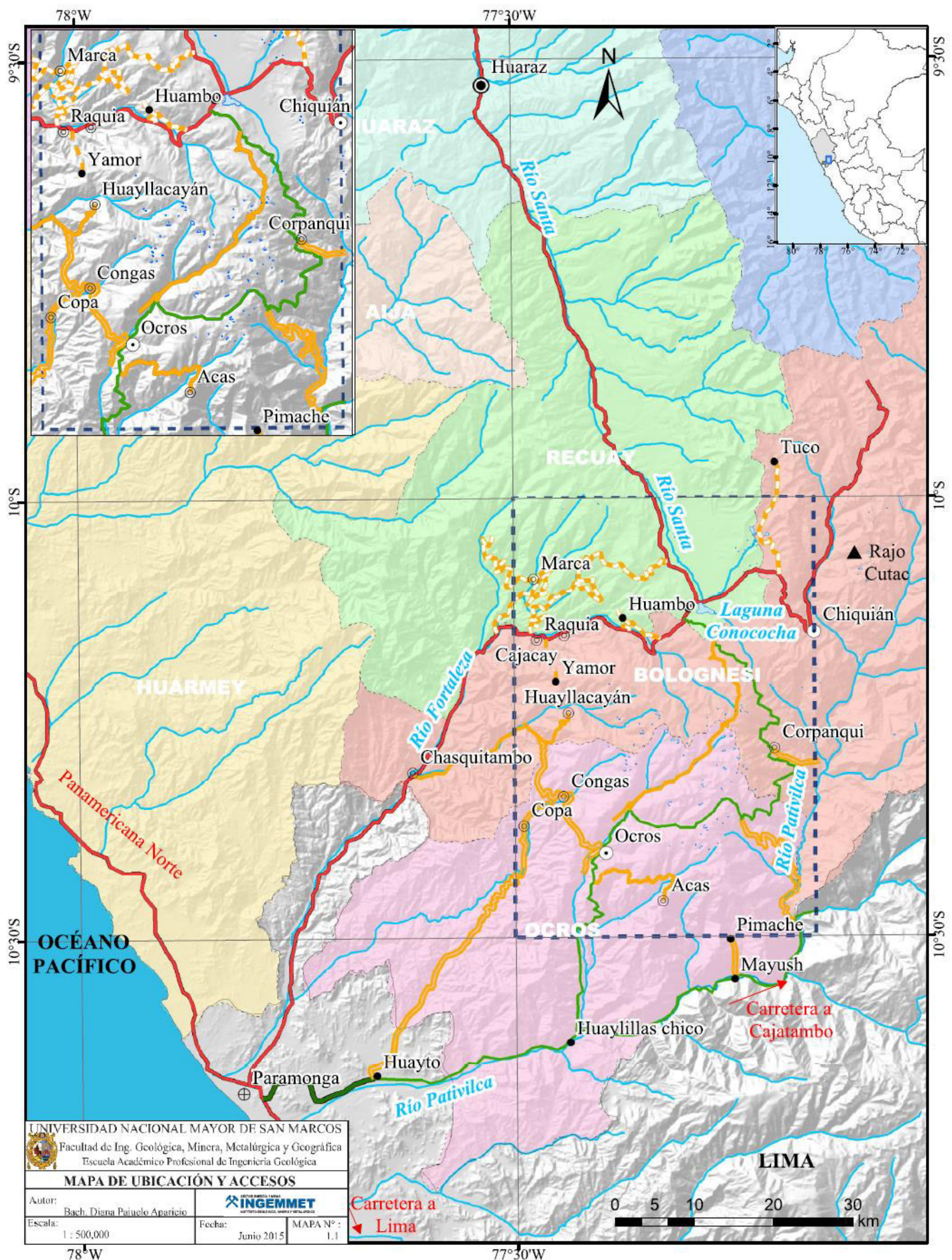
El área de estudio está ubicado en el departamento de Ancash, al norte de Lima y abarca parte de las provincias de Recuay, Bolognesi y Ocros (Mapa N° 1.1).

Se encuentra en la Cordillera Occidental norte del Perú, en el sector sur de la Cordillera Negra y Cordillera Blanca entre las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud: 10° 00'S – 10° 30' Sur
Longitud: 77° 09'W – 77° 30'Oeste

El área se encuentra en las nacientes de los ríos Santa y Fortaleza, y parte de afluentes del río Pativilca. El río Santa presenta su curso superior en la laguna Conococha, separa la Cordillera Negra de la Cordillera Blanca y se extiende de sureste a noroeste. El río Pativilca tiene como característica su cauce fluvial estrecho y profundo, además se extiende de noreste a sureste. El río Fortaleza, presenta zonas profundas y su cauce dentro del área de estudio, presenta una dirección aproximada este - oeste (Figura 1.1).

Dentro del área de estudio la altitud mínima se encuentra en el río Pativilca aproximadamente a 1500msnm y la máxima en el Nevado Rajo Cutac a 5355 msnm.



Existen tres principales vías de acceso (Mapa N° 1.1):

1. La ruta aérea Lima – Huaraz (1h 15min), capital de Ancash. Luego se accede por bus o camioneta por la carretera asfaltada que comunica a la localidad de Conococha (Laguna Conococha) (Figura 1.1).

2. Lima – Conococha (5 a 6 horas): Esta vía comunica diversos poblados dentro del área de estudio. A partir de Lima se accede por la Panamericana norte hasta Paramonga, continuando por vía asfaltada se asciende por la carretera del río Fortaleza hasta arribar a la localidad de Conococha (Laguna Conococha). En el transcurso de esta ruta, en Chasquitambo existe un desvío hasta Huayllacayán y a la altura de Cajacay existen rutas donde se accede a Marca y Yamor. En la laguna Conococha se distribuyen carreteras afirmadas y trochas que comunican localidades como Corpanqui, Ocros - Acas y Copa. Así mismo se puede usar la vía principal asfaltada que conduce a la mina Antamina para acceder a las localidades alrededor de Chiquián y caseríos cerca del sector sur de la Cordillera Blanca (Nevado Tucu).

3. Lima - Ocros (8 horas): Sólo se accede con vehículo particular o buses que transitan determinados días a la semana. La ruta parte de la Panamericana norte al sur de Paramonga, es una vía asfaltada en un primer tramo, luego afirmado. Esta ruta es la vía principal hacia Cajatambo, los parajes son solitarios y de difícil recorrido, por esta razón es la menos recomendada. En la localidad de Huayto existe un desvío con dirección hacia el norte donde se accede a Copa. También, en Huayto comienza la ruta afirmada que conduce a Huaylillas Chico, continuando con el desvío al norte se accede a Ocros. En Mayush existe un desvío hacia el norte donde se puede acceder a Pimache.

1.2 GEOMORFOLOGÍA.

El área de estudio se encuentra dentro de la Cordillera Occidental, de la región Ancash, ocupando parte de la Cordillera Blanca, la Cordillera Negra y la depresión entre ellas que conforma una Altiplanicie. Se subdivide en las siguientes unidades geomorfológicas (Mapa N° 1.2):

1.2.1 CORDILLERA BLANCA

Es una cadena de montañas cubierta por nieves perpetuas que se extiende de noroeste – sureste, conforma la zona oriental del río Santa. Presenta una amplitud aproximada de 13Km de ancho y el área final se encuentra al noreste de la laguna Conococha.

Rasgos morfológicos

La cadena de montañas (Figura 1.1) presenta altitudes que varían entre los 4200 y 5100 msnm como el Nevado Rajo Cutac. Las pendientes son altas y agrestes, los drenajes son subparalelos y contorneados con dirección al suroeste, el área se caracteriza por presentar valles en “U” y lagunas originadas por erosión glaciaria. La litología se encuentra constituida por rocas intrusivas y la cobertura de depósitos glaciares como morrenas.

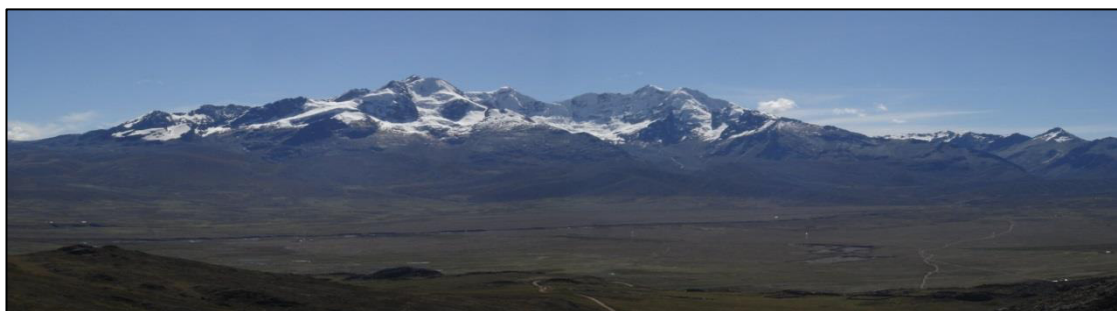
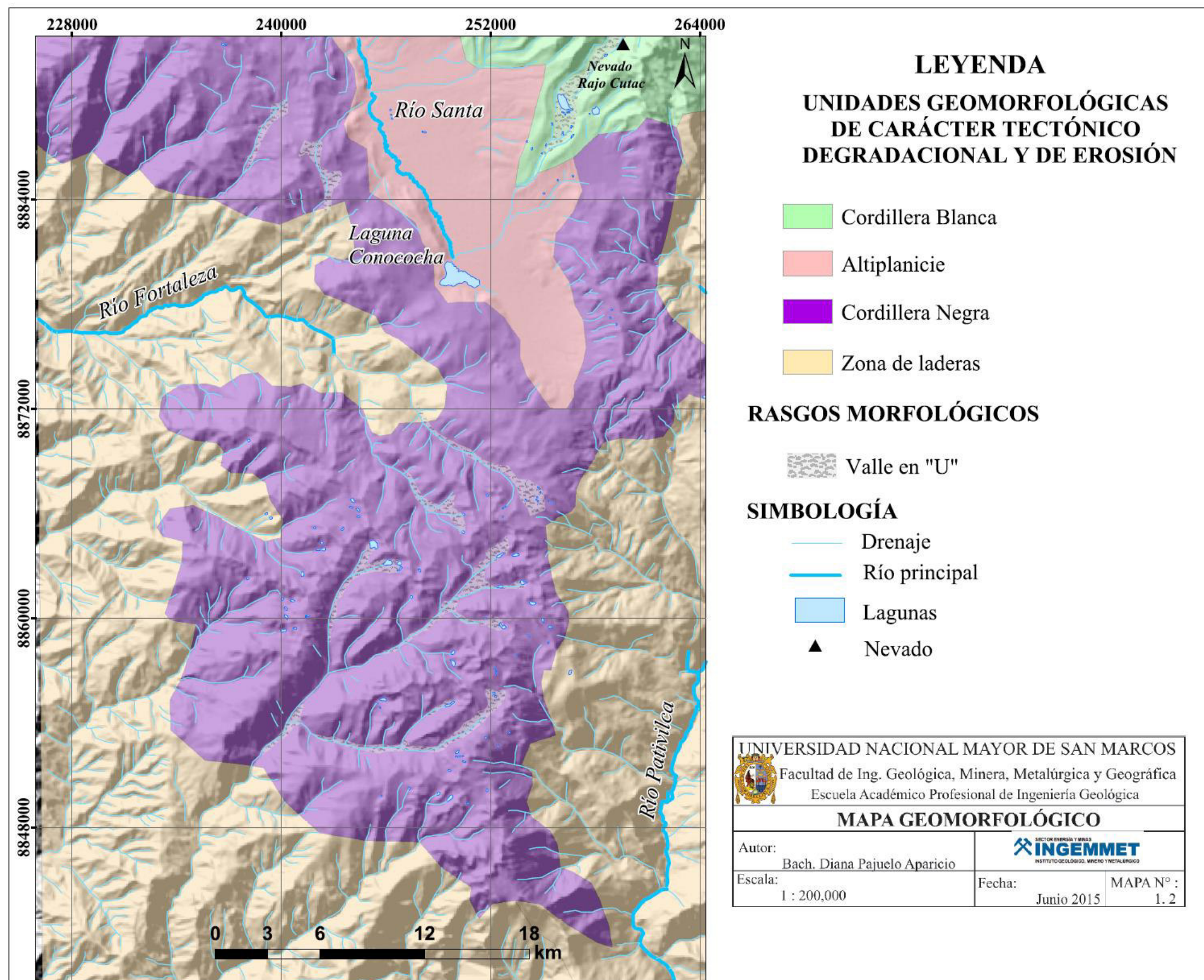


Figura 1.1.- Vista al este de los nevados de la Cordillera Blanca, nevado Rajo Cutac, en los niveles inferiores se observa una zona de altiplanicie.



1.2.2 ALTIPLANICIE

Es una superficie plana, con orientación noroeste – sureste, finaliza al sur de la laguna Conococha (Figura 1.2) y abarca el área de la naciente del río Santa. Presenta 23 km de largo y 12 km de ancho. Tiene una suave inclinación hacia el oeste y suroeste.

Rasgos geomorfológicos

La altiplanicie se encuentra a altitudes entre 4000 a 4300 msnm, en ella se encuentra el río Santa y algunas otras lagunas donde destaca la laguna de Conococha. En este valle asimétrico el flanco oriental es una planicie, el río Santa presenta meandros sinuosos irregulares. Se encuentra conformado por terrazas fluvioglaciares y depósitos lacustrinos. El valle del río Santa tiene una orientación NO-SE, coincide con la dirección de las estructuras regionales, por lo que se considera que la evolución de esta zona tiene un control estructural.



Figura 1.2.- Vista al noreste de la laguna Conococha, altiplanicie de origen fluvioglaciar. En el lado izquierdo se encuentra la Cordillera Negra y al fondo se observa a la Cordillera Blanca.

1.2.3 CORDILLERA NEGRA

Está conformada por una cadena de cerros (Figura 1.3) con dirección noroeste – sureste. El ancho oscila entre 5 – 20 km y se extiende en una franja noroeste- sureste hasta el sur de la laguna Conococha, en el sector oriental toma un rumbo norte - sur y al sur tiene orientación noreste – suroeste.

Rasgos Morfológicos

Las altiplanicies son subhorizontales y onduladas. Los picos varían entre 4000 a 4880 msnm, los picos más altos se encuentran en la parte sur del área de estudio. El drenaje es dendrítico y parcialmente radial, la Cordillera Negra es la divisoria de aguas entre las cuencas de los ríos Santa, Pativilca y Fortaleza. Los drenajes principales se encuentran orientados al suroeste. Los valles son de tipo “U” en las partes altas de la Cordillera, originados por erosión glacial donde principalmente se encuentra lagunas escalonadas, material glacial y morrenas. Las altiplanicies subhorizontales y onduladas se encuentran conformadas por rocas volcánicas y los relieves suaves se caracterizan por ser rocas intrusivas. Los picos más altos generalmente son estructuras tipo domo.



Figura 1.3.-Vista al sureste, valle tipo “U” de origen glacial, a los alrededores afloran rocas volcánicas.

1.2.4 LADERAS

Se reconocen laderas occidentales y orientales, ubicadas en ambos flancos de la Cordillera Negra. En el sector Occidental se encuentra el río Fortaleza (Figura 1.4) y en el sector oriental el río Pativilca (Figura 1.5). Son ríos principales que desembocan en el océano Pacífico. Las laderas corresponden a los flancos de valles e interfluvios que circundan las partes altas de la Cordillera y se caracterizan por su pendiente fuerte a moderada.

Rasgos Morfológicos

La zona de laderas occidental presenta inclinación moderada, relieves irregulares y agrestes, con altitudes entre 1500 a 3800 msnm. Los drenajes son de tipo dendrítico en el norte y sur, se encuentran orientados al suroeste y en el centro al oeste. La tendencia general de los drenajes en el sector occidental son al oeste.

En la ladera de la Cordillera Negra se encuentran diversos valles como el curso del río Fortaleza que se caracteriza por presentar formas de valles tipo “V”, característicos de la etapa juvenil en el desarrollo de un valle. Las rocas en este sector son en su mayoría de tipo intrusivas.

La zona de laderas oriental, presenta inclinaciones altas y su relieve es irregular y agreste, suelen formarse zonas de terrazas, las altitudes varían entre 1300 a 3900 msnm. Los drenajes son de tipo dendrítico con dirección al este, los valles son de corto recorrido en relación con los valles de la ladera occidental. El curso del río Pativilca en el área de estudio presenta valles en forma de cañón y en otros casos con algunas terrazas en las laderas donde se depositan materiales coluviales y aluviales. Las rocas son de tipo sedimentaria y volcanosedimentarias.

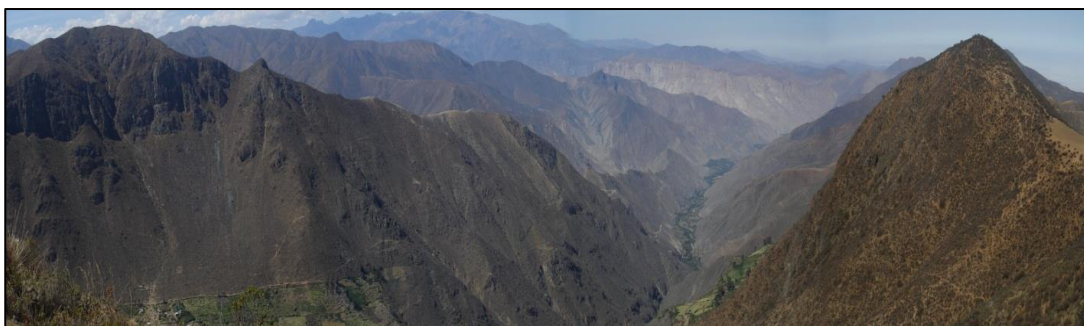


Figura 1.4.- Vista suroeste del río Fortaleza, zona de laderas occidental, valle tipo “V”.

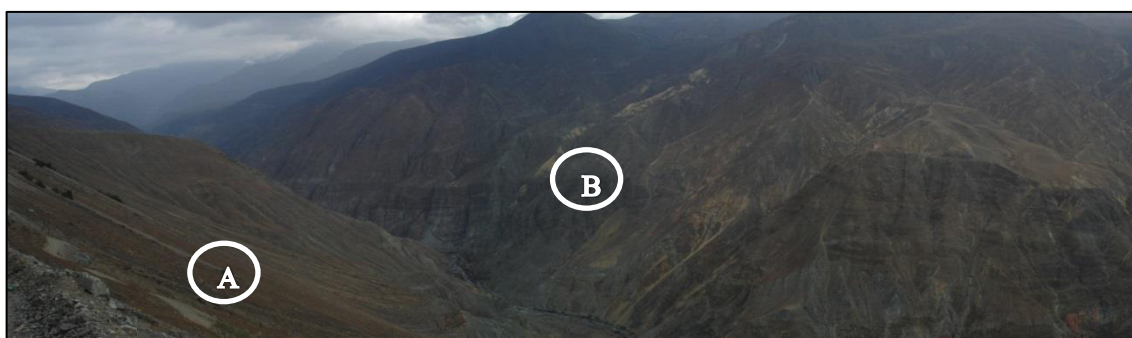


Figura 1.5.- Vista al norte del río Pativilca, en la figura se muestra (A) los depósitos coluviales y (B) las laderas empinadas.

1.3 ESTUDIOS ANTERIORES

Las rocas volcánicas del Cenozoico en el norte del Perú, fueron nombradas como volcánicos Calipuy (Cossio, 1964), sobreyacen en discordancia angular a rocas sedimentarias, volcánicas, volcanoclásticas e intrusivas del Cretácico. Esta franja volcánica se extiende a lo largo de la Cordillera Occidental que incluye la Cordillera Negra en una orientación noroeste – sureste. El área de estudio se encuentra en el sector sur de la Cordillera Negra; los estudios realizados en este sector fueron realizados cronológicamente como se describe a continuación:

Wilson (1975) obtiene la edad K-Ar 52.5 ± 2.3 Ma en lavas, en la localidad de Tapacocha, siendo esta una edad representativa para las secuencias más antiguas del Calipuy. Años más tarde Farrar & Noble (1976), obtienen por el mismo método la edad de 18.1 ± 1.2 Ma en domos y diques ubicados al oeste de Huaraz. Estableciendo esta edad como el límite superior para las rocas volcánicas Calipuy.

Luego, Knox (1971), Busell (1975), Myers (1975) y Pitcher (1978) indican que las rocas volcánicas del Calipuy se originaron a partir de los complejos anulares intrusivos del Batolito de la Costa.

Sandra Webb (1976), realiza un estudio litológico estratigráfico detallado de las rocas volcánicas del Grupo Casma y Calipuy en Lima y Ancash, mide 3 secciones en la localidad de Tapacocha, Andajes y Paccho estas dos últimas ubicadas en los alrededores de Churín.

En la sección de Tapacocha identifica 6 miembros que sobreyacen en discordancia angular a areniscas cuarzosas de la Formación Chimú, en discordancia angular se superponen conglomerados de arenisca cuarzosa con secuencias lodos y limolitas, los 4 siguientes miembros corresponden a lavas, tobas y aglomerados, el sexto miembro se superpone en ligera discordancia angular y tiene aspecto masivo, se encuentra constituido de tobas soldadas. Estos 6 miembros considera agruparlos en dos formaciones. En el sector de Andajes, las secuencias volcánicas también sobreyacen a conglomerados con lentes de toba púrpura y verdes, los fragmentos son de cuarcitas blancas, amarillentas y limolitas grises.

Atherton et al., en 1979 y 1985, realiza estudios petrográficos y geoquímicos en Tapacocha, Congas y Fortaleza, en la cual determina que las lavas del Calipuy varían en composición, de basalto y andesita a riolita pero predominan las andesitas, presentan alto contenido de Ba, K_2O y Zr comparados a los del grupo Casma. Las lavas dacíticas y riolíticas presentan alto contenido de LREE y marcan anomalías negativas de europio. Además, sugiere que las rocas volcánicas provienen de grandes cámaras magmáticas de procedencia profunda y fueron emitidos por grandes fisuras con rumbo andino.

Myers (1980) sugiere que el vulcanismo se originó por conductos fisurales y calderas como evidencia se encuentran los diques orientados NNO-SSE que cortan los niveles basales del volcánico Calipuy, que sirvieron como conductos para la emisión de lavas.

Bonnot (1984) manifiesta que antes del inicio de la formación de la actual llanura fluvio-glaciaria ubicada al este de la Cordillera Negra, actual cuenca del río Santa, se encontraban rocas volcánicas del Calipuy incluso se extendían hasta las zonas donde se ubica la Cordillera Blanca y la localidad de Pomabamba. Las secuencias detríticas denominadas Grupo Lloclla presentan edad Plioceno debido a que sobreyace en discordancia angular al Grupo Calipuy (14 Ma, Cobbing et al., 1981) y concordantes a la Formación Yungay (5.4 ± 0.12 Ma). El autor afirma que la falla que dio origen a la cuenca Santa se originó durante la actividad tectónica del Mioceno superior.

Petford & Atherton (1994), en base a la edad de 53 Ma sugieren que el vulcanismo se originó luego de la Orogenia Inca que ocurrió alrededor de los 50 Ma relacionado al incremento de la tasa de convergencia entre las placas tectónicas Nazca y Sudamérica, lo que originaría la extensión de la corteza y emplazamiento del magma a través de fisuras extensionales orientadas con el rumbo

andino. Las rocas del Calipuy presentan mayor contenido de K a comparación de las del Grupo Casma. Según el análisis de facies no hay evidencia de que hayan existido estratovolcanes. Acerca de la conexión genética entre el Batolito de la Costa (complejos anulares) y la cobertura volcánica es poco probable ya que no existe una evidencia clara acerca de esta teoría y además el complejo anular más joven presenta una edad de 58 Ma mientras que las rocas volcánicas más antiguas del Calipuy son de 53 Ma.

Cobbing et al. (1996) nombran a los volcánicos Calipuy como Grupo Calipuy y lo subdivide en Calipuy inferior y superior en base a los estudios realizados por Sandra Webb. La división registrada en los mapas de la Carta Geológica Nacional (escala 1:100,000) fue realizada entre los cuadrángulos de Corongo y Chiquián, paralelos 8°30' y 10°30'. Sin embargo, dejan en claro que existen variaciones estratigráficas lateralmente. También afirma que existen stocks intrusivos que cortan los niveles inferiores del Grupo Calipuy.

Noble (1999), obtiene una edad de 39.8Ma en tobas de la localidad de Tapacocha, asignando esta edad como la edad mínima para el Grupo Calipuy.

Enriquez (1999) sugiere que para definir las unidades volcánicas en la Cordillera Negra es necesario determinar las características morfológicas, estructurales y composición de magma. Entre Huaylas y Recuay determina tres formaciones Irmán, Ututo y Chururo, entre las cuales Irmán se caracteriza por tener mayor cantidad de lavas y tobas con gran extensión, lo correlaciona con la Formación Pararín, Ututo presenta capas que buzan al NE, en la base presenta conglomerados de volcánicos y cuarcitas, le siguen lavas y luego tobas y lapillitas intercalados con limoarcillitas. La Formación Chururo presenta capas que buzan al SO se caracteriza por presentar aglomerados, lahares, brechas y tobas. Estas dos últimas formaciones se postula que son controladas por dos lineamientos regionales que serían los ejes de emisión.

Rivera (2005) y Navarro (2009) en base a los estudios realizados en volcanes en el sur del Perú logran identificar centros de emisión a partir de la identificación de emplazamientos de lavas. Las lavas y tobas varían de andesitas basálticas a riolitas predominando las andesitas, con minerales de plagioclasa, clinopiroxeno, ortopiroxeno y anfíbol, óxidos de Fe y Ti y las riolitas cuarzo y feldespatos alcalinos. Las riolitas son las rocas más antiguas.

Mamani (2010) manifiesta que actualmente en el Perú la forma de un arco magmático es una franja y no una línea de volcanes, como actualmente vemos al Grupo Calipuy, estas rocas pertenecen a un arco magmático. Chávez (2010) reconoce variaciones geoquímicas en los elementos traza de Sr/Y en rocas de edades entre 75 a 3 Ma, dentro del Grupo Calipuy se registra una gran variación geoquímica y producción de tobas, esto debido al incremento del espesor en la corteza terrestre.

1.4 HIPÓTESIS.

En el segmento sur de la Cordillera Negra, afloran rocas volcánicas del Grupo Calipuy, cuyas características son variadas por lo que se postula que estos depósitos provienen de diversas fuentes de emisión o centros volcánicos.

En base al reconocimiento de miembros litológicos se puede ubicar el centro de donde fueron emitidos los depósitos volcánicos. También se considera que las rocas intrusivas tienen relación genética respecto a estos centros de emisión.

1.5 OBJETIVOS.

1.5.1 OBJETIVO GENERAL:

- Identificar las características estratigráficas, petrográficas y geoquímicas de las rocas ígneas del Cenozoico en el sector sur de la Cordillera Negra, Ancash.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar y describir los rasgos que caracterizan a las unidades cartografiados en campo.
- Elaborar un mapa geológico con la identificación de las unidades volcánicas.
- Describir las rocas volcánicas e intrusivas.
- Comparar la petrografía con los resultados geoquímicos.
- Establecer las características generales de las secuencias volcánicas, para determinar la existencia de centros volcánicos e inferir su probable ubicación.
- Interpretar la evolución volcánica dentro del área de estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Los volcanes recientes y antiguos no se encuentran al azar en la Tierra sino en los bordes de placas tectónicas. El movimiento entre dos placas genera magma que asciende a superficie por medio de sistemas de fallas. El Perú se encuentra ubicado frente a la zona de subducción entre las placas Sudamericana y Nazca, este tipo de ambiente genera rocas de composición calcoalcalina (Figura 2.1).

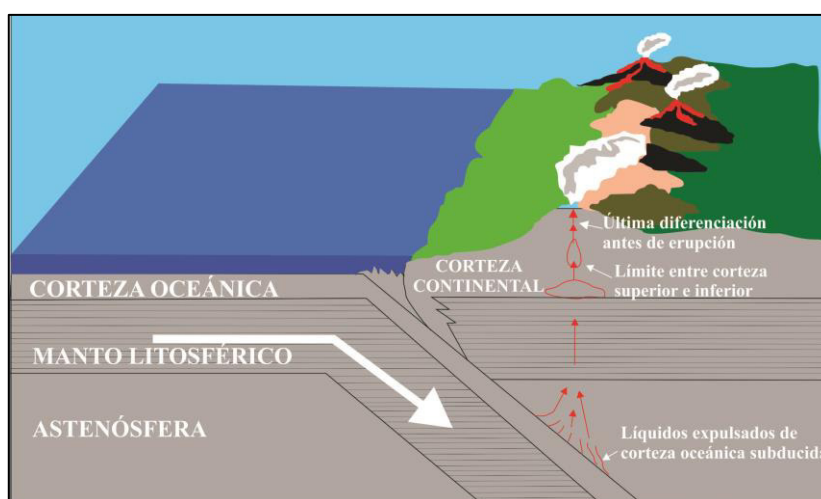


Figura 2.1.- Gráfico de subducción y formación de volcanes modificado a partir de Seyfried et al., 1999 y <https://www.uclm.es/profesorado/egcardenas/subduccion.htm>

2.1 CLASIFICACIÓN DE VOLCANES SEGÚN SU FORMA

La forma de un volcán refleja la variedad respecto a la química de la lava, orientación del conducto, contenido de gas, volátiles y estilo eruptivo.

Según Sigurdsson et al. (1999) se puede clasificar en las siguientes formas:

2.1.1 ESTRATOVOLCÁN

Es uno de los tipos de volcanes más comunes, especialmente en zonas de subducción, está compuesto de emisiones alternantes entre material piroclástico y lavas. Los estratovolcanes son de composición andesítica a dacítica, la elevación que presentan es en base a la alta viscosidad del magma. Se inicia en un conducto circular y se acumulan productos alrededor construyendo formas simétricas y montañosas en forma de cono, con alturas aproximadas de 400 m de altura y pueden tener diámetros basales de 30 km.

Los productos que derivan de él son lavas los cuales generalmente tienen fenocristales y su recorrido pueden alcanzar hasta 15 km y típicamente pueden formar domos. Al formar y colapsar un domo generan depósitos de flujos de bloques y cenizas los cuales se encuentran cercanos al centro de emisión. Cerca al volcán suelen presentarse manifestaciones de fumarolas y sínter, originados por la circulación de los fluidos los cuales generan zonas de alteración hidrotermal. Cuando el magma sube por el conducto volcánico a la superficie de manera violenta se forma una sombrilla la cual origina depósitos de caída direccionados por el viento, transportando estas partículas volcánicas miles de kilómetros lejos de la fuente según su peso. Al presentarse el colapso

de esta sombrilla se originan los flujos piroclásticos, los cuales recorren kilómetros rellenando valles, sepultando y destruyendo todo a su paso como bosques, medios lacustres, etc. La mezcla de agua con clastos volcánicos que se movilizan a lo largo de la ladera de los volcanes se denomina lahares. Cuando el volcán se encuentre fuera de actividad y se erosione el cono, aún quedarán los depósitos volcánicos siendo estos una prueba de la existencia de la actividad volcánica (Figura 2.2).

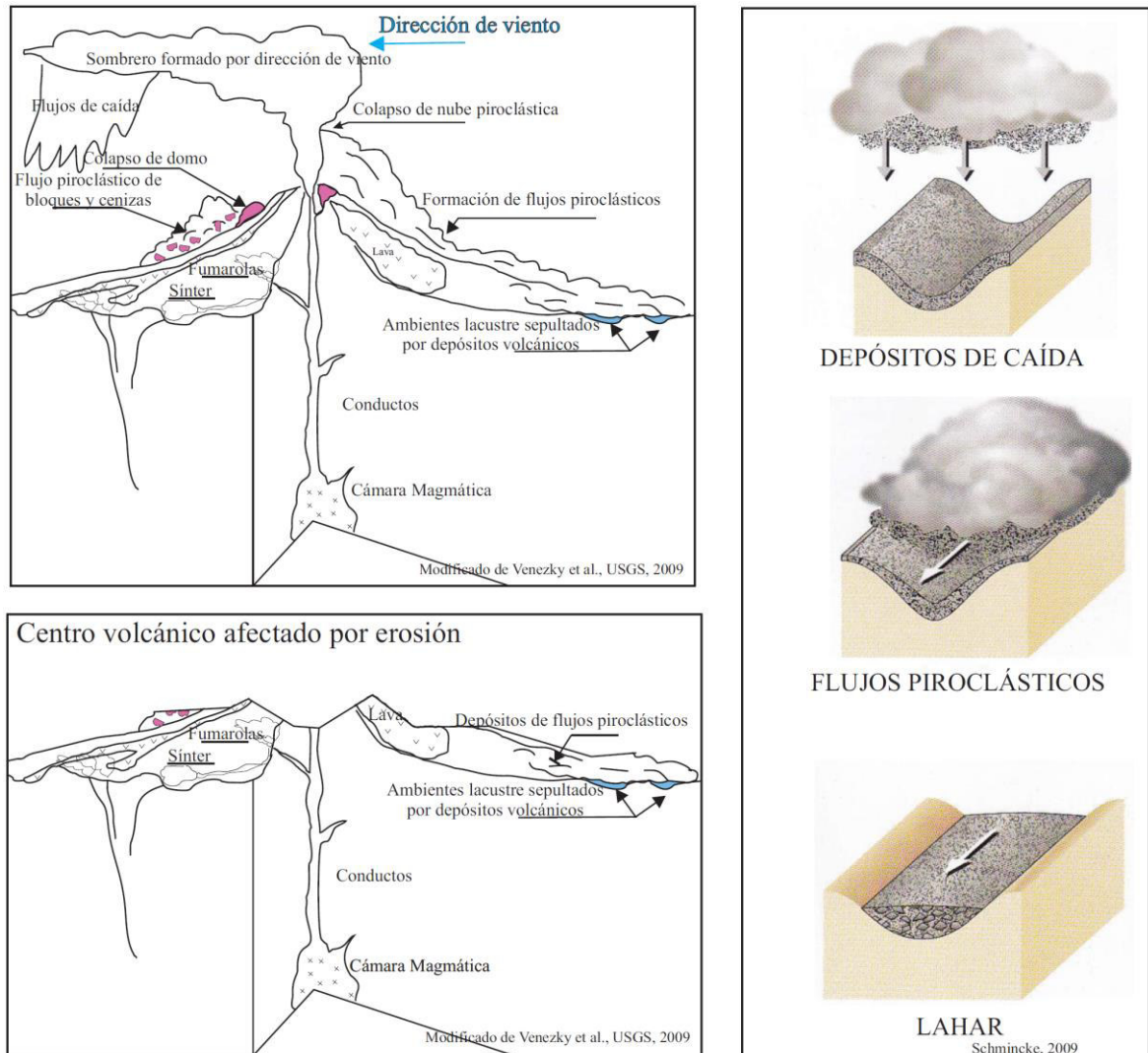


Figura 2.2.- Estratovolcán y los productos emitidos.

2.1.2 CALDERA

Corresponden a depresiones circulares debido a la extracción de grandes volúmenes de magma de la cámara magmática durante grandes erupciones volcánicas que provocan la inestabilidad y colapso del edificio volcánico. Las formas suelen ser circulares o elipsoides, con diámetros entre 2 a 30 km y cientos de metros de profundidad. La formación de una caldera usualmente ocurre en los últimos episodios de la vida de un volcán cuando la cámara magmática se encuentra a profundidades someras.

Ciclo de una caldera según Lipman (1984):

A) Volcanismo pre colapso

En esta primera etapa se agrupan estratovolcanes de composición intermedia e intruyen pequeños cuerpos aislados de plutones de alto nivel que marcan el comienzo de la acumulación del cuerpo

magmático de tamaño batolito. El levantamiento relacionado al emplazamiento de los plutones permite el desarrollo de las fracturas circulares arqueadas que darán lugar al colapso de la caldera (Figura 2.3 A).

B) Colapso de caldera

En esta etapa se forma la geometría de la caldera, el área central donde se agrupaban los volcanes se convierte en un área colapsada. Las tobas intracaldera o ignimbritas se acumulan durante la subsidencia y es de un espesor mayor a los flujos piroclásticos tabulares originados previos a la subsidencia. Luego del colapso inicial ocurren el colapso de las paredes de la caldera por lo que se forman la acumulación de brechas de colapso que se interdigitan con tobas de ceniza. El piso de la caldera subsidie asimétricamente. El cuerpo magmático ubicado por debajo del área de la caldera es composicionalmente zonado volviéndose máfica en los niveles más inferiores (Figura 2.3 B).

C) Resurgencia y depositación postcaldera

La resurgencia es asimétrica, con gran levantamiento en el área que surgió mayor colapso. Las fallas extensionales que formaron los grabens permiten el emplazamiento de los domos. El levantamiento resurgente es acomodado por el movimiento a lo largo de las fallas anulares en el sentido contrario ocurrido durante la subsidencia de la caldera. El magma sube mediante los conductos e intruye a las tobas soldadas que se encontraban dentro de la caldera. El piso original de la caldera ha sido destrozado por el levantamiento de la cámara magmática hacia los niveles de la superficie pre volcánica. La fosa originada por la caldera es rellenada por domos lava y sedimentos volcanoclásticos. La actividad hidrotermal domina durante esta última etapa (Figura 2.3 C).

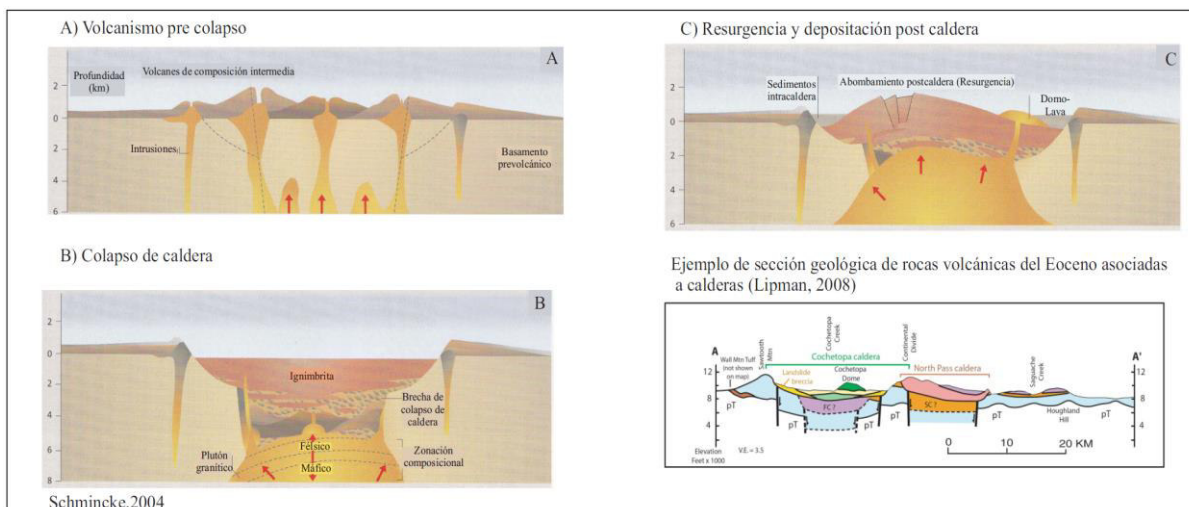


Figura 2.3.- Esquema generalizado del ciclo de una caldera (Lipman, 1984) y ejemplo de sección geológica en un área con calderas del Eoceno (Lipman, 2008).

2.1.3 VOLCANES TIPO ESCUDO

Son emisiones de magmas basálticos que son pobres en volátiles y presentan baja viscosidad, el cono está casi totalmente compuesto de flujos de lavas. La base aproximadamente se extiende entre 5 a 10 km y llega a 1000 m de altura (Figura 2.4).

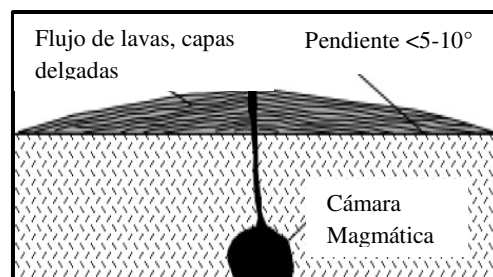


Figura 2.4.- Volcán tipo escudo y características

2.1.4 PLATAFORMA DE LAVAS

Típicamente se forman en zonas de rift, son emisiones de lava basáltica de baja viscosidad, emitidos por sistemas de fisuras. Cada fisura normalmente se activa una vez y consecuentemente se activan fisuras paralelas a esta pero a ligera distancia, los productos emitidos forman conos de escoria menores. El mayor efecto en superficie es el campo de lavas que puede cubrir áreas entre 10^4 a 10^6 km² y presentan espesores entre 100 y 1000 m (Figura 2.5).

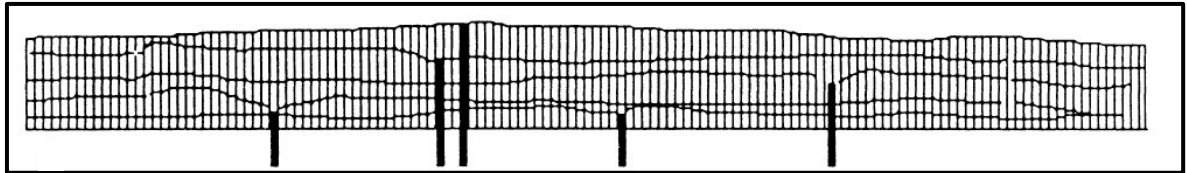


Figura 2.5.- Esquema de una plataforma de lavas controlado por fisuras.

2.2 APLICACIÓN DE TÉRMINOS

La aplicación de términos se basa en rasgos litológicos y litofacies (Tabla 2.1) como se muestra a continuación (Mcphie, 2010):

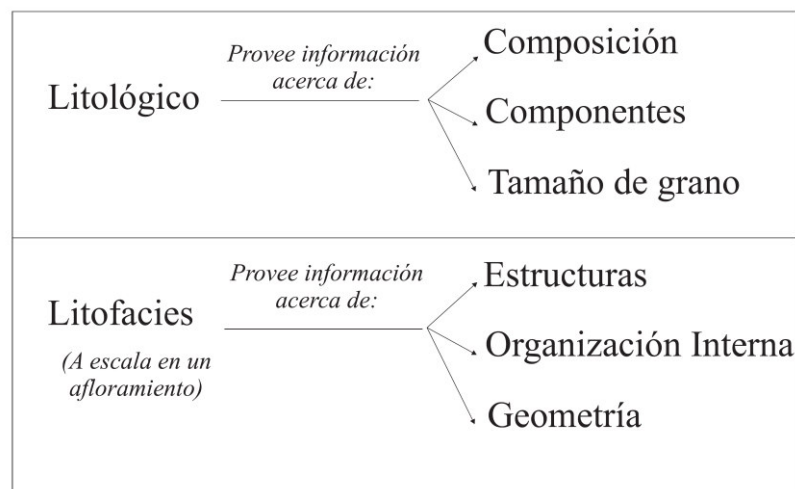


Tabla 2.1.- Clasificación de los rasgos litológicos y litofacies.

Y también respecto a rasgos genéticos y no genéticos:

Genético:

- Informa el proceso eruptivo y modo de emplazamiento.
- Toma en cuenta la geometría y asociación de facies a rango de escalas de afloramiento.

No genético:

- Son tomados de los términos sedimentológicos.
- Son usados en el esquema para construir nombre descriptivos para depósitos volcanoclásticos o piroclastos. (Comisión internacional IUGS)

Las rocas ígneas volcánicas se manifiestan de dos formas en la superficie terrestre, de forma efusiva y explosiva. Estas son las lavas y depósitos fragmentales (Castro Dorado, 1989) las primeras tienen textura coherente homogéneas, en tanto las rocas volcanoclásticas incluye a

depósitos compuesto predominantemente por fragmentos y partículas volcánicas (Mcphie et al., 1993).

2.3 DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

Las lavas y depósitos piroclásticos (Tabla 2.2) son descritas en base a las siguientes características (Mcphie, 1993):

LAVAS		DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS Y/O VOLCANOCLÁSTICOS	
Litofacie	Masiva o foliada, flujo laminada, bandeada, etc.	Litofacie	Masivo, estratificado, laminado, etc.
Textura	Porfídica, afanítica, grano fino a afanítica, vítrea, etc.	Componentes	Cristales, fragmentos de cristales, fragmentos líticos, pómez o escoria, etc.
Composición	Cristales, color.	Tamaño de grano	<div style="text-align: right;"> Bloques (angulosos), bombas (redondeados) 64mm ————— Lapilli 2mm ————— Ceniza gruesa 0.16mm ————— 0.256mm Ceniza fina </div>

Tabla 2.2.- Características importantes en la descripción de rocas volcánicas: Lavas y depósitos piroclásticos.

2.4 NOMENCLATURAS

La nomenclatura de las rocas volcánicas piroclásticas se basa en la clasificación de acuerdo al porcentaje de los componentes que se encuentran en la roca. En este estudio se usará la denominación según Fisher (1961, 1966) de la Figura 2.6:

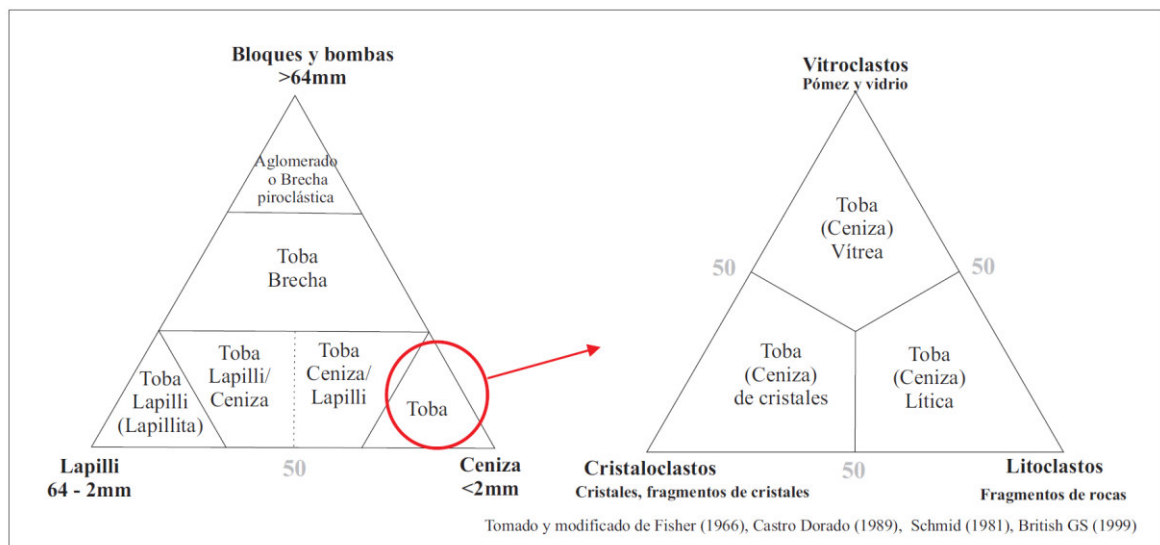


Figura 2.6.- Clasificación de rocas volcánicas piroclásticas según sus componentes.

2.5 RANGOS DE UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Según Hedberg (1980), los rangos de mayor a menor son: Grupo, Formación, Miembro, Capa o Flujo. Esta última corresponde a un estrato o conjunto de estratos. Un estrato tiene convencionalmente grosor mayor a 1 cm y la lámina menor de 1cm. Las definiciones de los rangos de unidades son explicadas en detalle en la Guía Estratigráfica Internacional.

2.6 CRISTALIZACIÓN FRACCIONADA

Es el mayor proceso de evolución de los magmas para formar las rocas ígneas y están relacionadas estrechamente a la diferenciación magmática. Los minerales se separan del magma en estado líquido según un orden de cristalización, formando parte como fracciones sólidas y líquidas, se les reconoce como magmas evolucionados si presentan composición diferente de la composición original. Esta evolución es representada por la Serie de Bowen, donde los minerales cristalizan a altas presiones y temperaturas (Serie ferromagnesiana y de las plagioclasas), así mismo, existen otros minerales que cristalizan a menores presiones y temperaturas (Figura 2.7).

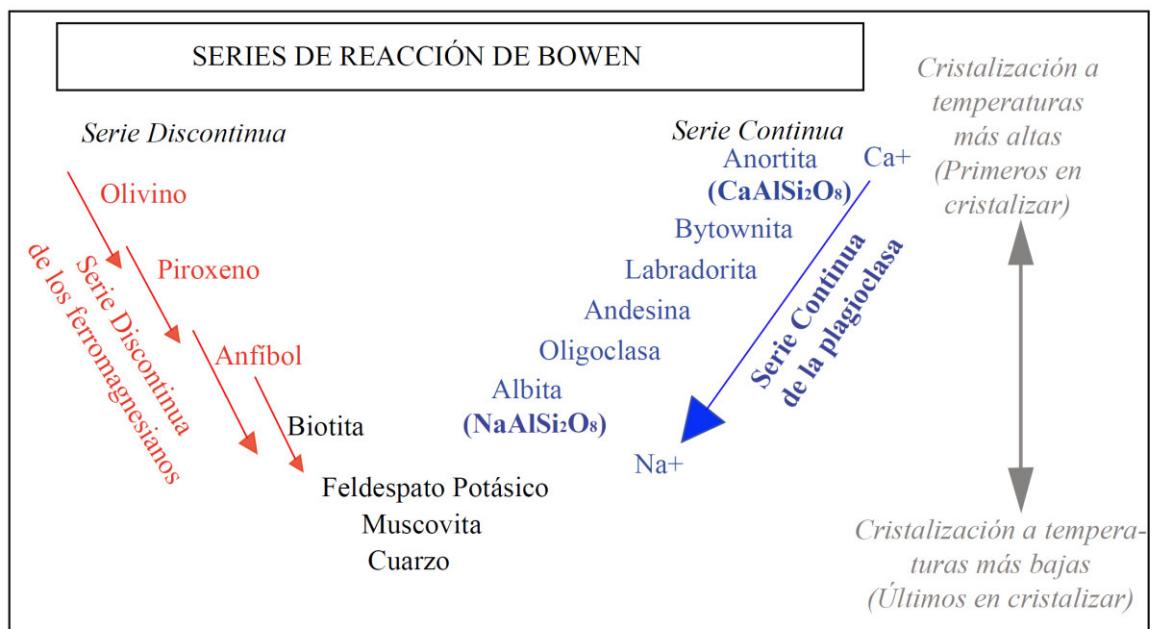


Figura 2.7.- Serie de Bowen

Los minerales que cristalizan de forma continua son composicionalmente félsicos (Serie de las plagioclasas) y los que cristalizan de manera discontinua (Serie de los ferromagnesianos) se denominan minerales máficos. Cada mineral presenta una composición química y estructura (Figura 2.8), la presencia de estos minerales en la roca ayudan a clasificar la roca (Figura 2.9).

MINERALES COMUNES EN ROCAS ÍGNEAS			
Grupo Composicional	Mineral	Composición química	Estructura del sílice
FÉLSICO	Cuarzo	SiO_2	Estructura compleja
	Feldespato potásico	KAlSi_3O_8	
	Plagioclasa	$\left\{ \begin{array}{l} \text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \\ \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \end{array} \right.$	
	Muscovita (Mica)	$\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	
MÁFICO	Biotita (Mica)	$\left. \begin{array}{l} \text{K} \\ \text{Mg} \\ \text{Fe} \\ \text{Al} \end{array} \right\} \text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	Cadena Doble
	Grupo de Anfíboles	$\left. \begin{array}{l} \text{Mg} \\ \text{Fe} \\ \text{Ca} \\ \text{Na} \end{array} \right\} \text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	
	Grupo de Piroxenos	$\left. \begin{array}{l} \text{Mg} \\ \text{Fe} \\ \text{Ca} \\ \text{Al} \end{array} \right\} \text{SiO}_3$	
	Olivino	$(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$	
			Tetraedros Aislados

Figura 2.8.- Minerales comunes en rocas ígneas.

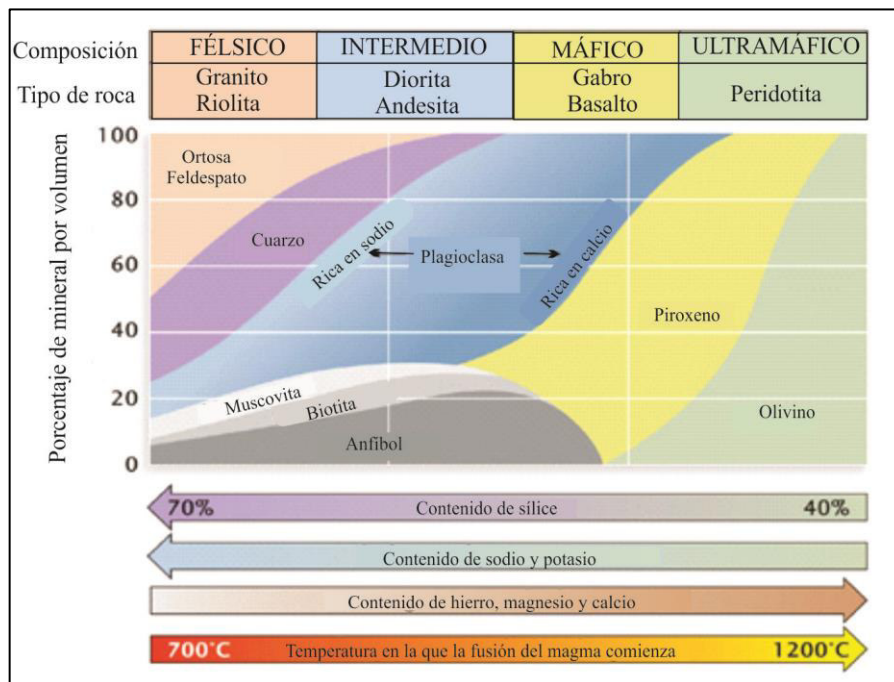


Figura 2.9.- Mineralogía de las principales rocas ígneas.

2.7 GEOQUÍMICA

2.7.1 ELEMENTOS MAYORES

Son los elementos que predominan en cualquier análisis de roca, las concentraciones son expresadas en peso por ciento (wt%) del óxido, siempre son acompañadas por una cantidad apropiada de óxidos. Se utilizan por tres principales motivos: (1) clasificación de una roca, (2) construcción de diagramas de variación y (3) promedio de comparación con determinadas rocas previamente experimentadas. Son utilizados usualmente junto a los elementos traza, para identificar el origen del ambiente tectónico de rocas ígneas (Rollinson, 1993).

2.7.2 ELEMENTOS TRAZA

Definido como el elemento que se presenta en una roca en concentraciones menores a 0.1 wt%, el cual es menor a 1000 partes por millón (ppm). La geoquímica cuantitativa de elementos traza asume que se encuentran presentes en un mineral en solución sólida hasta la sustitución y que sus concentraciones pueden ser descritas en términos de equilibrio de la termodinámica. Las escasas concentraciones permiten establecer relaciones simples entre la composición y actividad (Rollinson, 1993).

2.7.3 COEFICIENTE DE PARTICIÓN Y SUS VARIABLES

La distribución de los elementos traza en las fases líquido y sólido mineral en el magma se da de acuerdo al coeficiente de partición o coeficiente de distribución. Se aplica la siguiente fórmula:

$$K_d = \frac{C_{\text{mineral elemento}}}{C_{\text{melt elemento}}}$$

Los valores mayores a 1, tienen preferencia por la fase mineral y se les denomina elementos compatibles, los cuales presentan facilidad de formar parte de un mineral.

Los valores menores a 1, tienen preferencia por la fase líquida, se les denomina elementos incompatibles y tienen preferencia por presentarse en el estado líquido o fase de fusión (Figura 2.10). Los diagramas binarios se usan en base a este concepto.

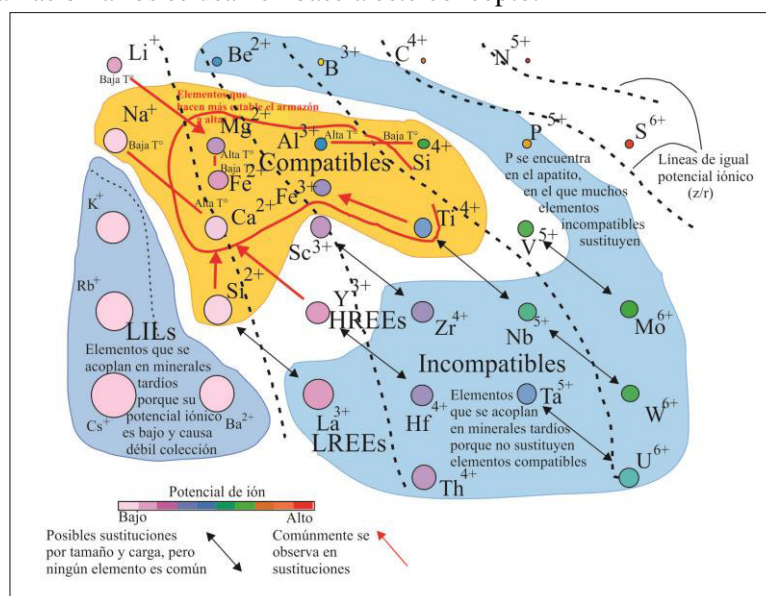


Figura 2.10.- Categorización de elementos para rocas ígneas. Elementos compatibles e incompatibles.

2.7.4 TIERRAS RARAS Y DIAGRAMA MULTIELEMENTAL

También conocidas como los lantánidos o rare earth elements (REE) pertenecen al grupo de los lantánidos en la tabla periódica. Los elementos que más abundan en la corteza terrestre son el Cerio, Ytrio y Neodimio. El Prometio no ocurre en la Naturaleza.

Las tierras raras (REE) se subdividen en dos grupos: ligeras (La, Ce, Pr, Nd, Sm) o LREE y pesadas (Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y) también conocidas como HREE. Esta agrupación depende de la configuración de los electrones de la REE (Figura 2.10).

El diagrama multielemental en base a elementos de tierras raras se utiliza para la interpretación petrogenética.

2.7.5 CORTEZA ANFIBOLÍTICA Y ECLOGÍTICA

La corteza inferior anfibolítica está compuesta por minerales tales como plagioclasa, clinopiroxeno, ortopiroxeno y anfíbol, la corteza es de 25-45 km (aprox). Por sus características mineralógicas esta corteza inferior se caracteriza por tener agua debido a la presencia del anfíbol (Figura 2.8), es por eso que el magma que atravesase este tipo de corteza puede transportar fluidos mineralizantes y posteriormente ser favorable en la formación de depósitos minerales.

La corteza inferior eclogítica está compuesta por minerales como granate, clinopiroxeno y ortopiroxeno, la corteza presenta un espesor mayor a 50km. Por las características mineralógicas estos magmas se encuentran secos debido a que no se forman minerales que permitan almacenar agua. En este caso el magma que atravesase esta corteza no podrá transportar fluidos mineralizantes, en consecuencia no serán favorables para la formación de depósitos minerales en su lugar se encontrarán ligados a eventos post mineralización.

Las rocas intrusivas y volcánicas contienen elementos mayores y traza, en donde los elementos traza (REE) brindan información petrogenética acerca de la variación respecto a las condiciones de variación y/o cambios que ocurren en el corteza, tales como presión e hidratación en los diferentes tipos de magmas que se genera. (Kay & Mpodozis, 2001).

2.7.6 NORMALIZACIÓN AL CONDRITO

Los elementos de tierras raras que se concentran en las rocas son usualmente normalizadas a una referencia estándar, el cual abarca comúnmente los valores del condrito que son meteoritos que no han sufrido fusión ni diferenciación en los asteroides que lo proceden. Esta normalización tiene dos importantes funciones: (1) Elimina la abundante variación entre los números atómicos pares e impares de los elementos. (2) Permite cualquier fraccionación del grupo de los elementos de tierras raras relativo a los meteoritos condrita a ser identificados.

2.7.7 SERIE ILMENITA - MAGNETITA

Las rocas graníticas fueron clasificadas de esta manera por Ishihara en el año 1977, donde reconoció que la serie magnetita se encuentran relativamente oxidadas mientras que la serie ilmenita se encuentran relativamente reducidas y que ambos tipos son relacionadas con distintos tipos de ocurrencias minerales (Frost, 2001). Es aplicable a las rocas graníticas en arcos magmáticos ubicados en la Cordillera y es menos aplicado en otro tipo de ambiente tectónico.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE TRABAJO

La investigación abarca los temas de litoestratigrafía volcánica, petrografía y geoquímica de rocas ígneas en el sector sur de la Cordillera Negra y fue desarrollada durante la actualización del cuadrángulo de Chiquián a escala 1:50,000 (Proyecto de Geología Regional - GR4: “Geología de las rocas volcánicas de la Cordillera occidental del norte del Perú”). El estudio se desarrolló en tres etapas (Figura 3.1):

3.1. GABINETE 1

- Búsqueda de información bibliográfica acerca de los temas relacionados a la investigación y estudios anteriores realizados dentro o alrededor del área de estudio.
- Clasificación de la información.
- Las áreas mencionadas por los autores se ubicaron según sus coordenadas o localidad.
- Teniendo conocimiento del tema y el trabajo que involucraría se procedió a recopilar los materiales necesarios para el trabajo en gabinete y en campo.

Respecto al material de trabajo:

- Fotografías aéreas a escala 1:42,000 con el respectivo estereoscopio.
- Imágenes LANDSAT Banda 4, Banda 742, banda 321
- Imágenes del software gratuito Google Earth
- Mapa a escala 1:25,000 (COFOPRI)
- Base de datos de geoquímica y de edades radiométricas del Perú (INGEMMET)

Los materiales se utilizaron para realizar una interpretación propia e identificación de características en el terreno utilizando herramientas de teledetección. Identificar las rutas de interés para realizar la descripción de los afloramientos.

3.2 CAMPO

- El cartografiado se realizó en mapas a escala 1:25,000, con instrumentos como GPS, brújula, picota y lupa, con el objetivo de identificar y describir miembros litológicos.
- Las descripciones de los afloramientos cuentan con ubicación GPS y fotografía.
- Se recolectaron muestras de forma aleatoria en afloramientos de lavas y domos. También se recolectaron muestras de rocas intrusivas. Las muestras tenían como objetivo el estudio en microscopio y análisis geoquímico. Por lo cual, fue necesario que las muestras, en lo posible, no presenten alteración hidrotermal.
- Los datos fueron recolectados en 4 campañas de campo.

3.3 GABINETE 2

- Las muestras recolectadas fueron enviadas al laboratorio de Petromineralogía de INGEMMET para su respectivo estudio y las muestras para análisis geoquímico fueron enviadas al laboratorio SGS mediante INGEMMET.
- Se procedió a sistematizar la información referente a las descripciones de campo y las fotografías.
- Las descripciones se analizaron de forma espacial en el mapa, desde las unidades más antiguas a las recientes.
- Se procedió a realizar secciones geológicas.
- Las columnas estratigráficas fueron correlacionadas espacialmente para identificar las características regionales.
- Utilizando los resultados de petromineralogía y geoquímica se procedió a comparar con la información de campo para analizar las características de la evolución volcánica en el área de estudio.

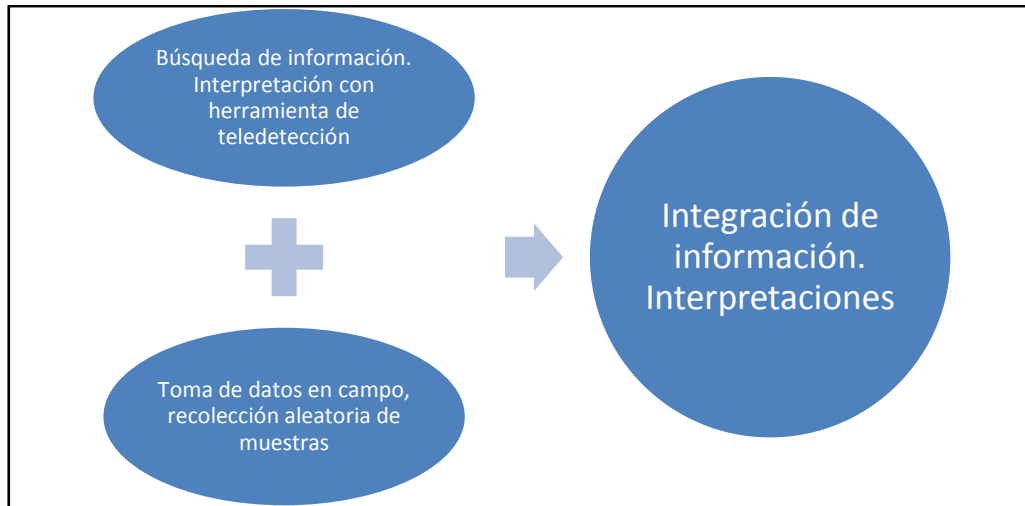


Figura 3.1.- Esquema de la metodología de trabajo.

CAPÍTULO IV

MARCO GEOLÓGICO

El área de estudio corresponde predominantemente a rocas volcánicas de la Cordillera Occidental, las cuales se emplazaron sobre unidades del Mesozoico, mayormente sedimentarias, de la misma manera sobre unidades volcanosedimentarias en el sector este y sobre rocas volcánicas marinas e intrusivas al oeste (Mapa N° 4.1).

Las rocas más antiguas de la región se ubican al este, entre La Unión y San Pedro de Chonta, y corresponden a rocas metamórficas del Complejo Maraón (Mapa N° 4.1), se desarrollaron durante el Neoproterozoico y consisten de rocas metamórficas de protolitos sedimentario y volcánico con grado moderado de metamorfismo (Allende, 1996). Sobre las rocas metamórficas, en discordancia angular se encuentran secuencias clásticas de ambientes fluviales y deltaicos con secuencias marinas someras conocidas como los grupos Ambo, Copacabana, cubiertas por rocas clásticas rojizas y secuencias volcanoclásticas del Grupo Mitu, desarrolladas entre el Carbonífero inferior hasta fines del Permiano-Triásico inferior, estas secuencias se ubican actualmente en San Pedro de Chonta. Durante el Pérmico superior se desarrolla una época de magmatismo ácido intermedio en la Cordillera Oriental (Mapa N° 4.1).

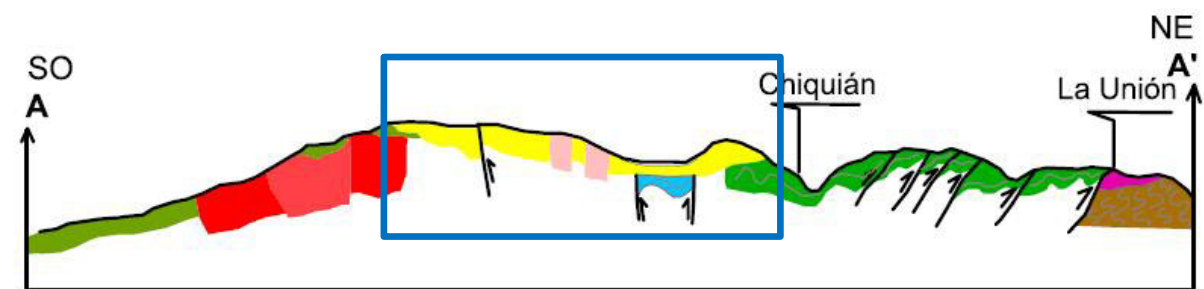
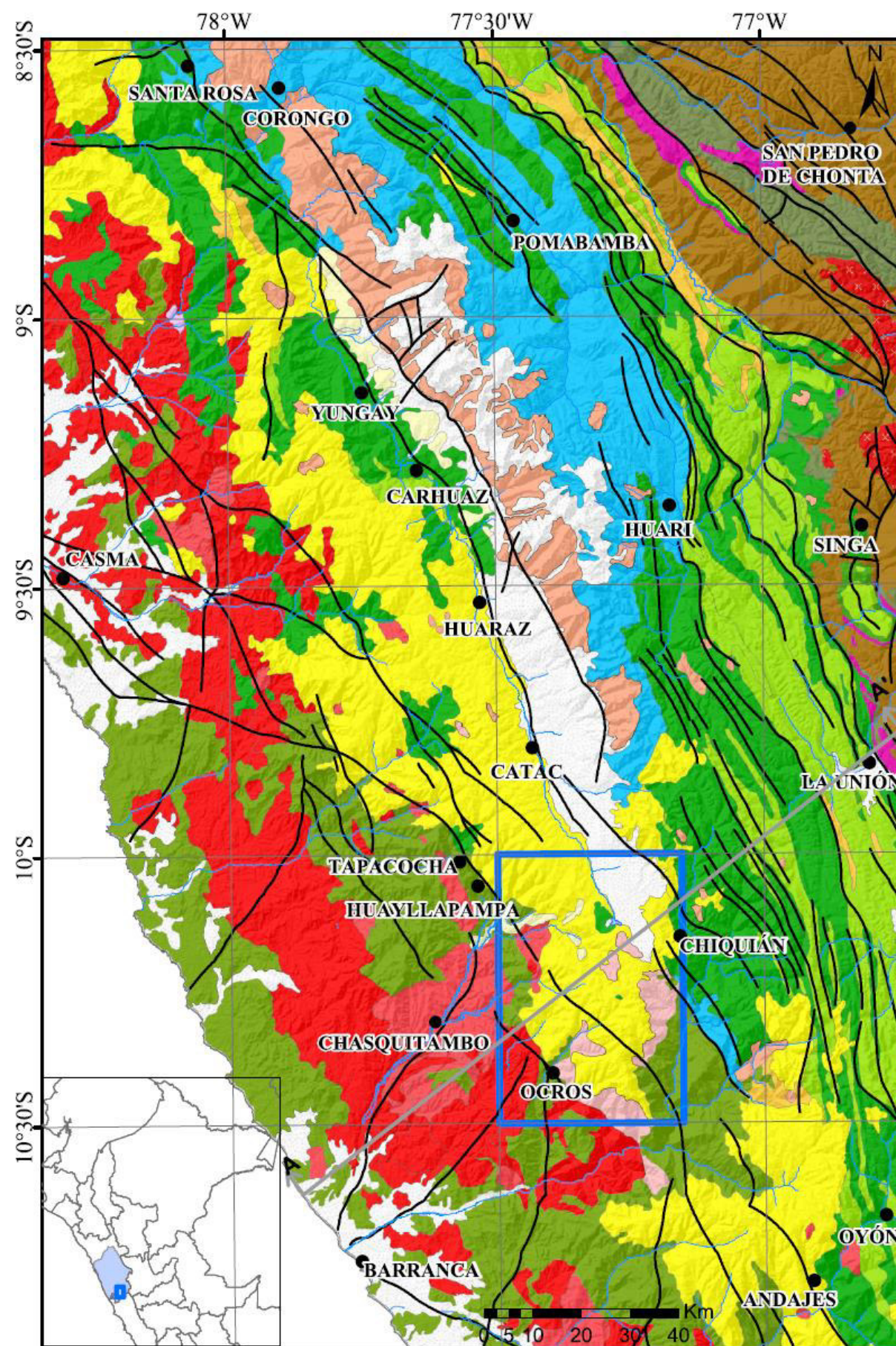
En el Triásico superior hasta el Jurásico inferior, se desarrolló la cuenca sedimentaria que dio lugar a las calizas del Grupo Pucará en el sector oriental que ocurren en discordancia angular sobre las secuencias anteriores. Mientras que en el sector occidental durante el Jurásico superior, predominan cuencas del tipo deltaicas que dan lugar a la Formación Chicama, la cual se puede observar entre Huari y Pomabamba (Mapa N° 4.1). Entre el Jurásico superior y Cretácico inferior (Valanginiano) se depositan secuencias de limolitas, lutitas y areniscas intercaladas con niveles de carbón (Formación Oyón).

Durante el Cretácico inferior, en el sector oriental se depositaron secuencias de areniscas y lutitas conocidas como Grupo Goyllarisquizga indiviso, mientras que en el sector occidental se pueden diferenciar estas secuencias continentales con breves eventos marinos someros conocidas como formaciones Chimú, Santa, Carhuaz, Farrat. En el Cretácico superior se depositaron de manera concordante calizas y margas de la Formación Crisnejas en el sector oriental, las cuales se encuentran presentes hasta la zona norte de Huari. En una dirección noroeste sureste entre Pomabamba, Huari y la Unión hasta el oeste de Carhuaz se describen secuencias calcáreas pertenecientes a la Formación Pariahuanca, Chulec y Pariatambo que son equivalentes de la formación Crisnejas, las secuencias sedimentarias mesozoicas anteriormente mencionadas se encuentran plegadas y afectadas con fallas inversas con vergencia al este.

Durante el Cretácico, en el sector occidental, desde Casma hasta Andajes se depositaron secuencias sedimentarias y volcánicas marina desde el Albiano hasta el Cretácico superior. Durante el Cretácico superior se registran dos eventos, la sedimentación de calizas (Formación Jumasha y Celendín) y el emplazamiento de rocas intrusivas conocidas como Batolito de la Costa en una franja noroeste sureste. Así mismo, desde el Cretácico superior al Paleoceno se emplazan rocas de coloración rojiza en concordancia paralela con la Formación Celendín, consisten en margas, areniscas, limoarcillitas con clastos, conglomerados y areniscas conocidas como Formación Chota en el sector nororiental, Casapalca al sureste y Huaylas al norte de Yungay.

Estas rocas conforman el basamento de los depósitos volcánicos emitidos durante al Eoceno al Mioceno conocidas como Grupo Calipuy, se extienden en una franja noroeste sureste (Mapa N° 4.1). Posteriormente, son cortadas por rocas intrusivas estimadas en edad entre el Paleógeno – Neógeno como se observa entre Ocros y Chiquián (Mapa N° 4.2). Sobre el Grupo Calipuy se

depositan en discordancia angular y erosiva secuencias piroclásticas de tipo ácidas (Formación Yungay y Fortaleza). Al este del río Santa, se encuentra el Batolito de la Cordillera blanca emplazado durante Neógeno. Posteriormente, se forma una cuenca con depósitos glaciares (Grupo Lloclla) durante el Plioceno, actualmente se encuentran cubiertos por depósitos fluvioglaciares y lacustres.



LEYENDA

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS	SIMBOLOGÍA
<ul style="list-style-type: none"> Depósitos del Cuaternario Rocas glaciares del Plioceno (Gpo. Lloclla) Tobas (Fm. Fortaleza) del Plioceno Grupo Calipuy Rocas sedimentarias y volcánicas del Cretácico (Grupo Casma) Rocas calcáreas del Cretácico superior Areniscas y lutitas (Fm. Carhuaz) Calizas (Fm. Santa) Areniscas cuarzosas (Fm. Chimú) Areniscas y carbón (Fm. Oyón) Rocas sedimentarias del Jurásico (Fm. Chicama) Rocas calcáreas del Triásico (Fm. Chabará) Rocas clásticas y conglomeráticas del Paleozoico Esquistos, Filitas y pizarras del Neoproterozoico 	<ul style="list-style-type: none"> Cordillera Blanca-Neógeno Paleógeno - Neógeno Paleógeno Cretácico - Paleógeno Paleozoico 	<ul style="list-style-type: none"> Localidades y caseríos Fallas Regionales Ríos principales

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Facultad de Ing. Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica

MAPA Y PERFIL GEOLÓGICO REGIONAL

Modificado por: Bach. Diana Pajuelo Aparicio			
Tomado de: Mapa 1:1,000,000	Escala: 1:1,000,000	Fecha: Junio 2015	MAPA N°: 4.1

Dentro del área de estudio se localizan las siguientes unidades (Figura 4.1):

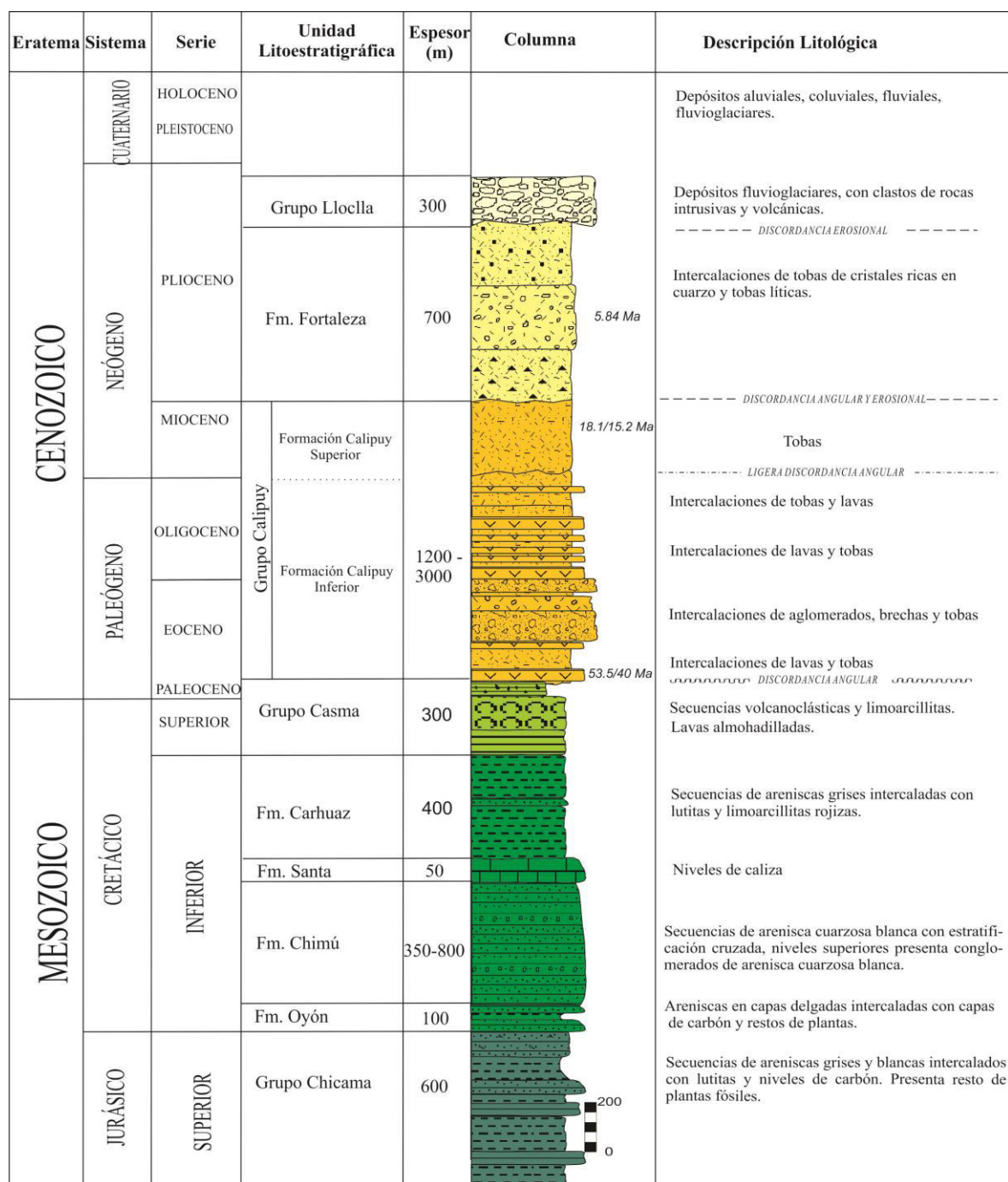


Figura 4.1.- Columna estratigráfica generalizada dentro del área de estudio.

4.1 UNIDADES MESOZOICAS.

El Ciclo andino se desarrolla durante el Mesozoico, en la zona occidental se reconocen los grupos Chicama y Goyllarisquiza que se detallan a continuación (Figura 4.2).

4.1.1 FORMACIÓN CHICAMA

La asignación de la Formación Chicama es dada por primera vez por Stapenbeck (1929) en el departamento de La Libertad, donde se definen como lutitas negras marrones y cremas intercaladas con areniscas, limolitas y calizas. La Formación Chicama se encuentra al este del área de estudio en una franja que se extiende de noreste – sureste, en el sector sur de la Cordillera Blanca afloran intercalaciones de areniscas grises, areniscas cuarzosas con lutitas gris oscuras, al sur de Chiquián las secuencias se caracterizan por presentar lutitas pizarrosas gris oscura a negras, con buzamientos de fuerte ángulos, dentro del área de estudio se ubica en la carretera Llaclla – Roca (Figura 4.2). Se le asigna edad Titoniana (Jurásico superior) por los fósiles de amonites encontradas en el área de estudio (Cobbing et al., 1996).



Figura 4.2.- Carretera Llaclla – Roca, afloramiento de lutitas pizarrosas gris oscuras buzando al oeste, Formación Chicama.

4.1.2 FORMACIÓN OYÓN

Denominación dada por Wilson (1963) definida en la localidad tipo de Oyón que consiste de lutitas gris oscuras con intercalaciones de areniscas y capas de carbón.

En el área de estudio, las secuencias afloran al norte y sur de Chiquián, como parte de la franja del Cretácico inferior, las rocas consisten en secuencias de areniscas grises a gris blanquecinas, intercaladas con niveles de carbón y niveles de lutitas gris oscuras (Figura 4.3).

El espesor promedio dentro del área de estudio es de 500 m.

Los fósiles encontrados, corresponden a la flora de *Otozamites peruvianus* SALFED el cual fue abundante durante el Jurásico inferior y persistió en el Cretácico inferior, reportado en la Formación Oyón (Reporte interno del gabinete de paleontología, INGEMMET, 2011), además se han encontrado improntas de hojas y plantas al este de Ticllos.



Figura 4.3.- Afloramiento de estratos hasta de 35cm de areniscas de color gris, intercaladas con capas de lutitas de la Formación Oyón, cuya dirección es N50°/10°NO. Ubicadas en la carretera del poblado Cuspón – Roca, sur de Chiquián.

4.1.3 GRUPO GOYLLARISQUIZGA.

El Grupo Goyllarisquizga ha sido diferenciado en cuatro formaciones: Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat, en el área de estudio se identifican las tres primeras formaciones.

A) Formación Chimú.

Estudiadas en la localidad de Chimú, La Libertad (Benavides, 1956) se definen como areniscas cuarzosas blancas a grises claras.

En el área de estudio, las secuencias sedimentarias afloran al oeste de la laguna Conococha y al norte y sur de Chiquián, sobreyaciendo concordantes a la Formación Oyón e infrayaciendo a la formaciones Santa y Carhuaz, todas fuertemente plegadas.

A los alrededores de la laguna Conococha, la Formación Chimú se caracteriza por presentar capas de gran espesor, la litología corresponde a areniscas cuarzosas blancas a grises claras, los granos son de finos a medios. Los estratos tienen un espesor de 1 a 3m y presentan estratificación cruzada. El espesor promedio es de 350 m, se encuentra formando anticlinales y sinclinales (Figura 4.4).

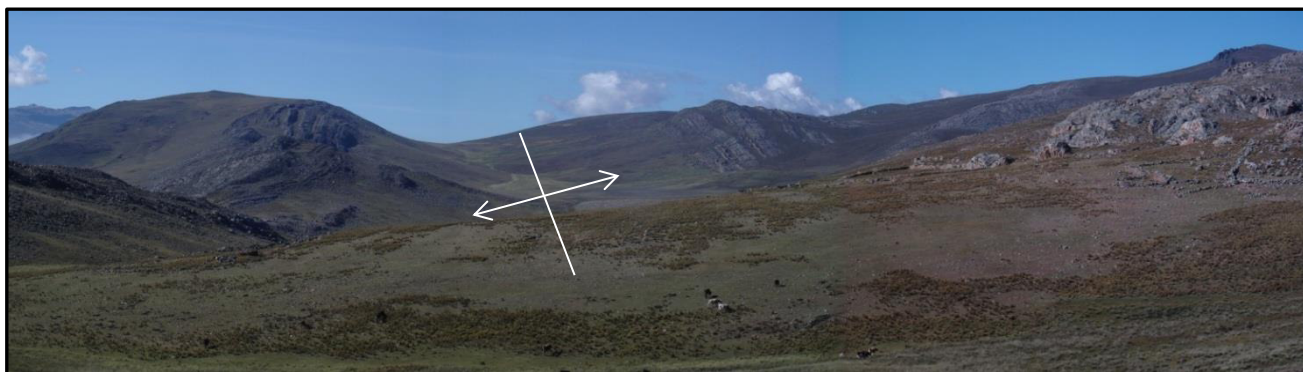


Figura 4.4.- Vista al oeste del río Santa al norte de la laguna Conococha anticlinal de la Formación Chimú.

En el área de estudio, no se han encontrado fósiles, sin embargo por relaciones estratigráficas se le considera una edad de Valanginiano (Cretácico inferior) inferior a medio (Cobbing et al. 1996).

B) Formación Santa.

Asignado con el nombre de Formación Santa por Benavides (1956), se definen a una secuencia de calizas de color azul grisáceo con intercalaciones de lutitas. En Huaraz y Chiquián se han registrado en conjunto con la Formación Carhuaz debido a su espesor discreto (Cobbing et al., 1996).

En el área de estudio afloran al norte de Chiquián y al sureste del nevado Rajo Cutac. La litología consiste de calizas color azul grisáceo a gris oscuras, tipo mudstone, laminaciones con venillas de calcita y presenta olor fétido. Los estratos tienen grosores entre 10cm a 1m. En la zona cercana al río Santa, se han encontrado niveles de poco espesor por lo que se le incluye dentro de la Formación Carhuaz nombrándose en el mapa como Formación Santa – Carhuaz (Mapa N° 4.2). El espesor dentro del área de estudios varía entre 100 a 150 m (Cobbing et al., 1996). No es una unidad fosilífera pero presenta fósiles de lamelibranquios. Benavides (1956) le atribuye una edad Valanginiana superior debido a que fósiles similares han sido encontrados en la parte inferior de las lutitas Carhuaz que sobreyacen inmediatamente a las calizas (Cobbing et al, 1996).

C) Formación Carhuaz.

La Formación Carhuaz, así como las otras unidades del Grupo Goyllarisquizga se encuentran en las llamadas Cuencas Chavín, Santa y parte de Huarmey, se definen como limoarcillitas de color gris a gris-verde con delgadas capas de yeso, la parte superior consiste en limoarcillitas rojas y limolitas pardo gris (Cobbing et al. 1996).

Dentro del área de estudio, entre las localidades de Marca y Huayllapampa, las secuencias se encuentran muy plegadas, por lo que se observa en discordancia angular con las unidades suprayacentes de las rocas volcánicas del Grupo Calipuy. También se encuentran en el nevado Rajo Cutac (Mapa N° 4.2).



La litología consiste en secuencias de estratos de 30cm de arenisca gris, grano medio, matriz rojiza intercalado con finos niveles de lutitas (Carretera Marca – Huayllapampa, figura 4.7).

El espesor aproximado es de 600 m, en otros lugares como el Callejón de Huaylas suele llegar hasta 1500m (Wilson J., 1967).

La Formación Carhuaz sobreyace a la Formación Santa e infrayace a la Formación Farrat (No aflora en el área de estudio).

La Formación Carhuaz es considerada de edad Hauteriviana-Barremiana (Cobbing et al, 1996) en base al contenido fosilífero encontrado.

Figura 4.5.- Carretera Marca – Huayllapampa, Formación Carhuaz. Afloramiento de capas de areniscas. Presenta una dirección de N150°/45°O.

4.1.4 GRUPO CASMA

Reconocido como Formación Casma por Trottereau y Ortiz (1963) y publicado por Cossio (1964), posteriormente catalogado como grupo a partir de los estudios realizados por Myers (1980), en la zona del río Fortaleza y Huarmey. Las formaciones reconocidas son Formación Cerro Lupín, que consisten en brechas, lavas almohadilladas y tobas; Formación cerro Breas, Chert y sedimentos de grano fino; Formación La Zorra, flujos de andesita, tobas aglomerados; Formación Punta Gramadal, lavas almohadilladas y tobas grauwacas y Formación señal Cochapunta, consisten en tobas, chert gris verdoso y lutitas negras.

El Grupo Casma se ubica al oeste de Huayllacayán, suroeste de Ocros y al este de Llipa, alrededor de las laderas del río Pativilca (Mapa N° 4.2).

Afloran secuencias tabulares volcanoclásticas intercaladas con limoarcillitas que se encuentran en discordancia angular con las rocas volcánicas del Grupo Calipuy. También se encuentran secuencias de areniscas intercaladas con lutitas. En la carretera Congas - San Pedro de Copa, afloran lavas con estructuras almohadilladas, no bien desarrolladas (Figura 4.6), que se encontrarían a la base de estas secuencias sedimentarias.

El espesor promedio es de 300 a 500 m. Sobreyacen a las formaciones Carhuaz y Oyón (río Pativilca) e infrayacen a secuencias volcánicas de tipo explosivo del Grupo Calipuy.

Se considera de edad Albiano debido a los fósiles encontrados en las secuencias sedimentarias, se considera que un gran espesor de rocas volcánicas se depositó durante el Albiano, en tanto que el límite superior del Grupo Casma, se encuentra pobremente definido (Cobbing et al., 1996), pero se estima que es Cretácico superior.



Figura 4.6. – Afloramiento de lavas con estructura almohadillada. Carretera Congas-San Pedro de Copa.

4.1.5 BRECHAS SEDIMENTARIAS DE CUARCITAS

En la zona oeste de la laguna Conococha (Mapa N° 4.2) se han identificado brechas de areniscas cuarzosas, con soporte de clastos de formas angulosas a subangulosas de tamaños hasta 50cm, también presentan clastos subredondeados, todos estas secuencias forman en conjunto capas de hasta 1m de espesor, en los intersticios de la unión de los clastos presentan óxidos (Figura 4.7). Estas secuencias sobreyacen a las capas de areniscas cuarzosas (Formación Chimú) en discordancia angular, no se observa el contacto en los niveles superiores pero se infiere infrayace al Grupo Calipuy.



Figura. 4.7.- Al oeste de la laguna Conococha, estratos con brechas sedimentarias de areniscas cuarzosas, con dirección N35°/35°SE, clastos angulosos a subangulosos.

4.2 UNIDADES CENOZOICAS.

Estas unidades están comprendidas por rocas volcánicas continentales, sobreyacen en discordancia angular a las rocas sedimentarias, volcánicas y volcanoclásticas del Jurásico y Cretácico. Las rocas volcánicas del Grupo Calipuy se encuentran ubicadas en la Cordillera Negra, se subdividen en Formación inferior y superior. Posteriormente, se emplazan otras rocas piroclásticas conocidas como Formación Fortaleza. Al este del río Santa, se encuentran depósitos aluviales y glaciares consolidados en estratos, denominada como grupo Lloclla. Los depósitos glaciares, fluvio-glaciares y lacustrinos se depositan hasta la actualidad y se les conoce como depósitos del Cuaternario (Mapa N° 4.2):

4.2.1 GRUPO CALIPUY.

Las rocas volcánicas del Grupo Calipuy (Cossío, 1964), se extienden en una franja orientada de noroeste a sureste a lo largo de la Cordillera Occidental del norte del Perú. El estudio realizado por Sandra Webb (1976) en las rocas volcánicas del Grupo Calipuy, en las localidades de Tapacocha y Churín. En Tapacocha, realiza una sección con dirección al noreste (Cerro Ancosh), donde identifica 6 miembros:

Conglomerado basal, lavas finamente estratificadas y toba lapilli, tobasy aglomerados, lavas y toba lapilli, tobas de flujo de ceniza y lava y finalmente, tobas soldadas (Figura 4.8)

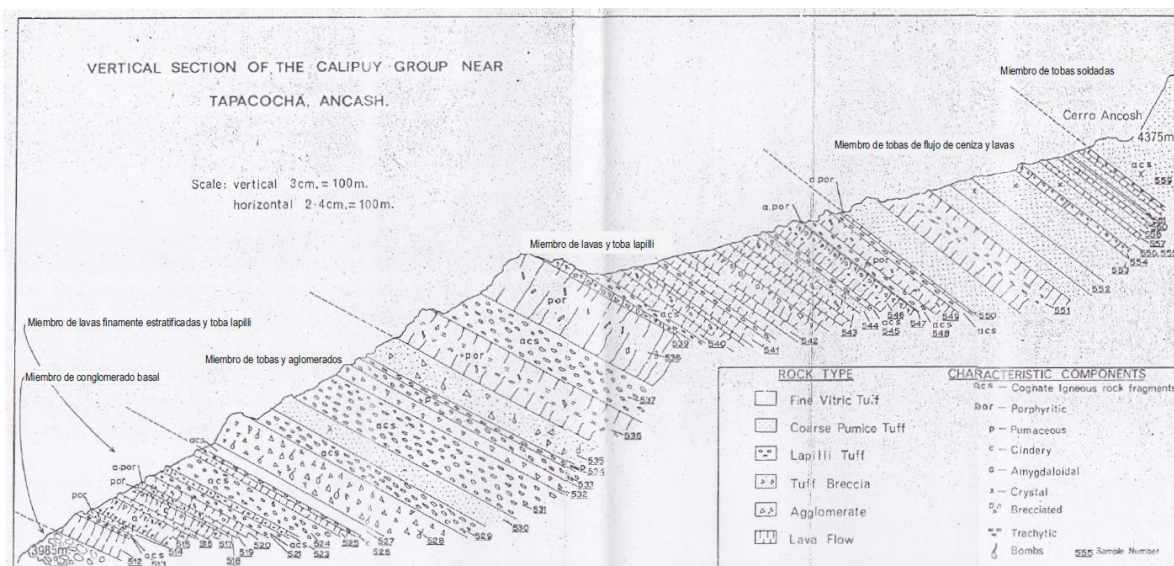


Figura 4.8.- Sección vertical del Grupo Calipuy cerca de Tapacocha, Ancash (Tomado y modificado de Webb, 1976).

Esta relación de miembros litológicos permite diferenciar dos formaciones: inferior y superior. La actualización de la Carta Geológica Nacional a escala 1:100,000, divide al Grupo Calipuy en dos formaciones los cuales se plasman en los mapas ubicados entre los paralelos 8°30' a 10°30' (Corongo, Carhuaz, Huaraz, Recuay y Chiquián).

En otras zonas fuera del área de estudio las rocas volcánicas son cartografiadas en base a la litología, como las realizadas por INGEMMET en la actualización de franjas en el sur del Perú y en el norte del Perú. En el año 2005, en base a la identificación de emplazamientos de lavas y domos se asocia, por su corta trayectoria de desplazamiento, cercano a un centro de emisión (Rivera et al, 2005).

Estos depósitos volcánicos abarcan la mayor parte del área de estudio en una franja NO-SE (Mapa N° 4.1).

En los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca se distinguen dos formaciones (Tabla 4.1):

Formación Calipuy superior	Tobas soldadas
Formación Calipuy inferior	Intercalaciones de tobas y pocas capas de lavas
	Lavas y tobas
	Intercalaciones de brechas, aglomerados y tobas
	Intercalaciones de tobas y lavas
	Conglomerado basal

Tabla 4.1.- Relaciones litológicas del Grupo Calipuy en el sector de Tapacocha según Webb (1976).

Estas secuencias en el área de Tapacocha suman 1200m de espesor, sin embargo en otras áreas alcanzan 2000 hasta 3000m de espesor. Los autores afirman que las secuencias volcánicas varían lateralmente entre localidades y dentro del Grupo Calipuy existen discordancias angulares.

En el área de estudio las rocas volcánicas del Grupo Calipuy sobreyacen en discordancia angular a las secuencias sedimentarias del Mesozoico (Mapa N° 4.2), como se observa en la localidad de Pacar (Figura 4.9), laguna Conococha y Chiquián. De la misma manera, infrayacen, a los depósitos volcánicos de la Formación Fortaleza y depósitos fluvio-glaciares del Plioceno – Cuaternario al este del río Santa (Grupo Lloclla).

Cercano al área de estudio en la localidad de Tapacocha (Wilson, 1975) el Grupo Calipuy presenta dataciones radiométricas en lavas, ubicadas en los miembros más antiguos, estas rocas presentan 53.5 Ma (Eoceno). El estudio se realizó en lavas basálticas mediante el método K-Ar. Posteriormente Noble (1977) recalcula la edad basal obtenida por Wilson en 40Ma.

Las secuencias más recientes presentan edades entre 24.6Ma y 15.2Ma. Farrar y Noble (1976), también se obtuvieron una edad de 18.1 Ma de las lavas del Calipuy al oeste de Huaraz, esto corrobora la información de Wilson (Cobbing, 1996). Por lo tanto, las unidades antiguas del Grupo Calipuy fueron emitidas durante el Eoceno y las más recientes durante el Mioceno.



Figura 4.9.- Vista al caserío de Pacar (Marca), (A) contacto entre rocas piroclásticas y (B) rocas sedimentarias de la Formación Carhuaz.

4.2.2 FORMACIÓN FORTALEZA

Formación descrita por Myers (1976) en el valle del río Fortaleza, se definen como ignimbritas color blanco.

En algunos sectores como la carretera de Marca a Pacar se presentan los flujos piroclásticos en las laderas, en proceso de erosión formando un suelo blanquecino donde resalta el cuarzo.

Los afloramientos encontrados consisten toba de cristales color blanco, la matriz contiene abundantes cristales de cuarzo, además de biotita y en algunos sectores como la localidad de Shurap los depósitos presentan abundantes líticos polimícticos, tanto de rocas volcánicas como de rocas intrusivas de formas subangulosas de tamaños de hasta 4cm.

Sobreyace en discordancia erosional y angular al Grupo Calipuy (Figura 4.10) y Grupo Casma (Mapa N° 4.2).

Según relaciones estratigráficas y por la superficie de erosión, la Formación Fortaleza se encontraría en una edad de Mioceno Superior, estudios de dataciones radiométricas realizadas por Farrar & Noble (1976) en K-Ar le asignan una edad de 4.94 ± 0.2 Ma, confirmando una edad de Plioceno inferior.

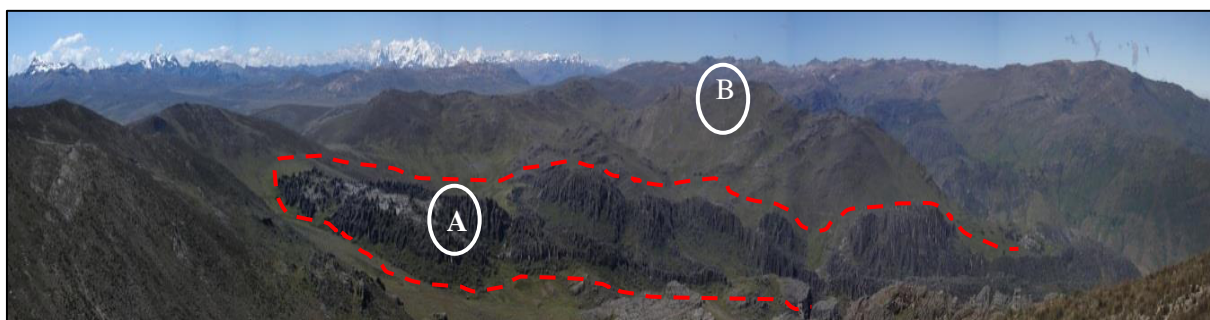


Figura 4.10.- Vista al sur, valle del río Fortaleza. (A) Formación Fortaleza paleorelieve (B) formado por rocas volcánicas del Grupo Calipuy.

4.2.3 GRUPO LLOCLLA

Denominación dada por Bonnot (1984) a los depósitos fluvioglaciares que se encuentran en la altiplanicie glaciar extendida entre la Cordillera Negra y la Cordillera Blanca en el flanco derecho del río Santa (Figura 4.11).



Figura 4.11- Vista al flanco este del río Santa, vista sur este a este. (A) Formación Lloclla sobreyace a (B) depósitos volcánicos del Grupo Calipuy.

Se ubica al este del río Santa, en las pampas fluvioglaciares, se prolongan hasta la Cordillera Blanca y a su vez son cubiertas por depósitos fluvioglaciares recientes.

En la naciente del río Santa margen este, se observa que sobreyace a rocas volcánicas del Grupo Calipuy (Figura 4.10).

Los depósitos corresponden a la fase de erosión del levantamiento de la Cordillera Blanca, se encuentran en estratos consolidados de depósitos fluvioglaciares que contienen clastos intrusivos en su mayor parte, de la misma manera, se encuentran clastos volcánicos. Posterior a la fase de compresión ocurrida durante el Mioceno superior, le siguió el levantamiento de la Cordillera Blanca (Sebrier et al. 1980), este hecho dio lugar a la erosión de estas rocas.

Las relaciones estratigráficas indican que son depósitos más jóvenes al Mioceno, de acuerdo a los resultados de dataciones radiométricas realizados por Bonnot (1984) en la base de la Formación Lloclla donde se encuentra intercalaciones volcánicas, las edades son de $4,65 \pm 0,1$ y $5,4 \pm 0,1$ Ma.

Al norte de Huaraz, sobreyacen a depósitos volcánicos de la Formación Yungay, estas tobas señalan una edad de $5,4 \pm 0,12$ Ma. Los estudios indican que el Grupo Lloclla tiene una edad Pliocena.

4.2.4 DEPÓSITOS CUATERNARIOS

Son los depósitos fluvioglaciares que se encuentran en las laderas y quebradas de los nevados (Figura 4.12) y al este de la Cordillera Negra. También existen morrenas en la Cordillera Negra, lo que evidencia una antigua glaciación. Otras secuencias fluvioglaciares y lacustrinas son las ubicadas a los alrededores de la laguna Conococha.

Así mismo, se observan depósitos fluviales que se encuentran en los cauces de los ríos, en este caso el más representativo es el río Santa, hacia el oeste el río Fortaleza. En algunas laderas predominan los depósitos coluviales como en las laderas del río Pativilca que se encuentran en la parte superior de las laderas durante su recorrido (Mapa N° 4.2).



Figura 4.12. – Vista hacia el este, Cordillera Blanca, quebrada Acaca Ragra, se observan depósitos cuaternarios glaciares y en la base planicie cuaternaria.

4.3 ROCAS INTRUSIVAS Y/O SUBVOLCÁNICAS.

Existen dos grupos de rocas intrusivas unas que no cortan el Grupo Calipuy y otras sí.

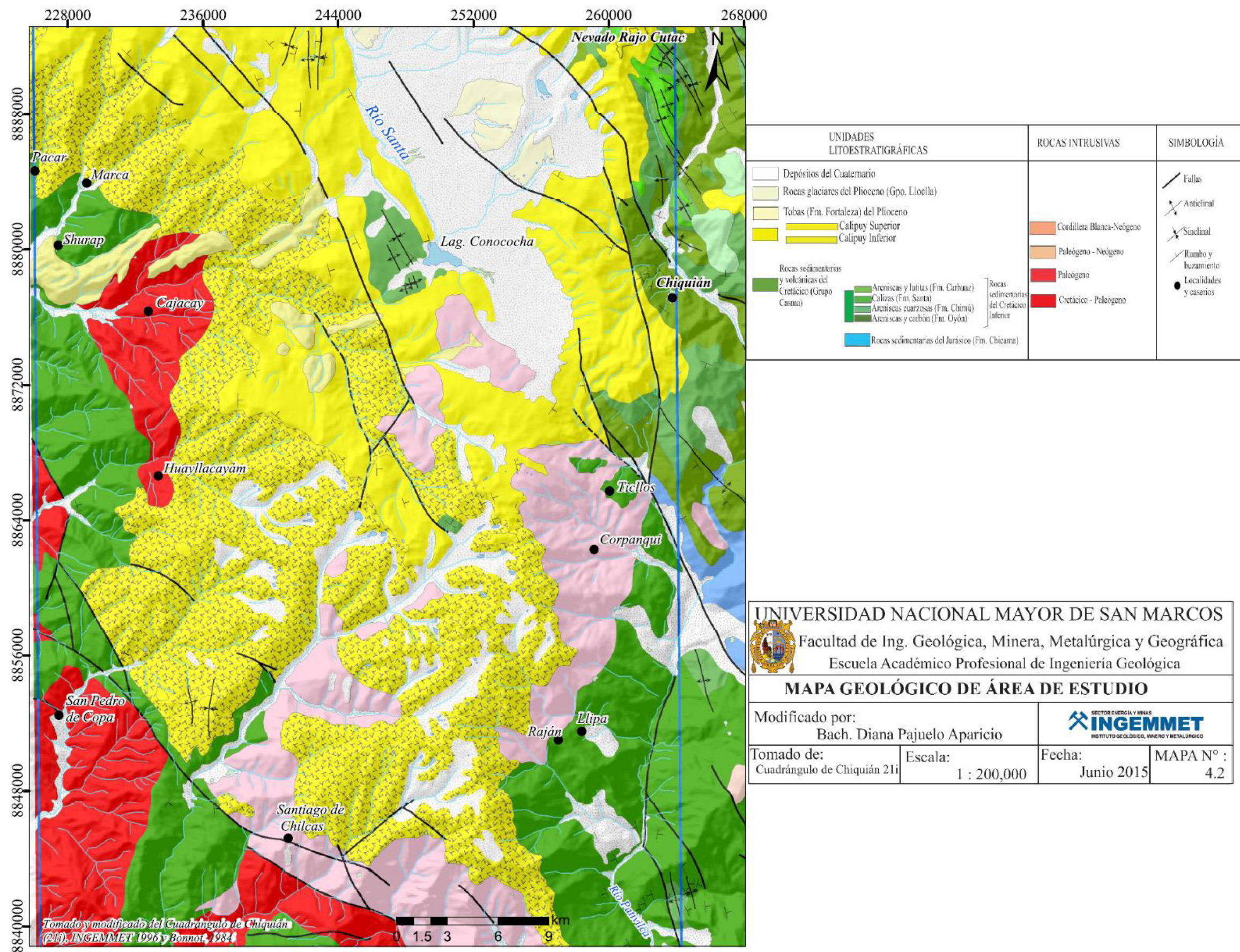
Al este del área de estudio, en el nevado Rajo Cutac afloran rocas intrusivas graníticas como parte de la prolongación sur del Batolito de la Cordillera Blanca, y además cortan al Grupo Chicama.

Entre la laguna Conococha y el poblado de Corpanqui afloran intrusivos que varían de granodiorita a monzogranito, en la localidad de Raján afloran otra secuencia plutónica granodiorítica.

Alrededor de la localidad de Santiago de Chilcas afloran intrusivos que varían de granodiorita a tonalita (Mapa N° 4.2).

El intrusivo que aflora en la localidad de San Pedro de Copa varía de granodiorita tonalita, extendiéndose en dirección de la localidad de Huayllacayán (norte) y en la zona de Cajacay aflora intrusivos de composición monzogranito – granodiorita, expuestas a lo largo de la carretera a Conococha. En Marca, noroeste del área de estudio, aflora roca intrusiva que varía de granodiorita a tonalita.

Se le asigna una edad Cretácico Superior - Paleógeno para los intrusivos ubicados hacia el oeste del área de estudio. Neógena para los cuerpos intrusivos ubicados hacia el suroeste de la laguna Conococha y prolongación de la carretera que va a Ocros.



4.4 SISTEMAS ESTRUCTURALES

Los volcanes se forman por la subducción de dos placas, en el caso del Perú la placa de Nazca desciende bajo la placa de Sudamérica, esto es conocido como un margen activo que se caracteriza por su continua actividad sísmica y presencia de volcanes.

La subducción presenta características como ángulo y velocidad variable a lo largo de la zona de convergencia y a través del tiempo geológico, el ángulo con el cual las dos placas se encuentran genera un campo de esfuerzos dentro del terreno continental lo que permite la formación de fallas regionales o zonas de apertura, que facilitan el emplazamiento de cámaras magmáticas y su respectiva manifestación volcánica en superficie. Así mismo, el ángulo con el cual la corteza oceánica infrayace a la corteza continental genera el espesor en la corteza, la variación de este ángulo generará la variación en el espesor, desarrollo de cámaras magmáticas y migración de arcos magmáticos en el terreno.

En el norte del Perú, se presenta una subducción casi planar, el ángulo es agudo, lo que explica la inactividad volcánica en la actualidad. El aumento de la velocidad de convergencia genera un ambiente compresivo mayor (Martinod et al. 2010) el cual fue variando desde el Cretácico superior según estudios (Pilger, 1984; Bonnot, 1984; Pardo – Casas et al., 1987; Soler et al., 1990; Gutscher, 1999 y Somoza 2005).

Los arcos volcánicos se emplazan en fallas regionales que representan a las zonas de debilidad que necesita el magma para ascender a la superficie y formar los volcanes.

El área de estudio regionalmente presenta dos áreas: una de carácter extensional (Cordillera Blanca) ubicada en la zona este del área de estudio, cuya edad de exhumación se estima en promedio en 8 Ma, mientras que en la zona oeste (Cordillera Negra) son de carácter compresivo por la presencia de fallas inversas (Cobbing et al., 1996; Romero et al., 2008).

En las imágenes satelitales se observan diversos lineamientos entre los que destacan por su cantidad el sistema NO-SE y por su continuidad el NNO-SSE, con una dirección aproximada de N160°. A continuación se mencionan los lineamientos principales y algunas de sus características.

4.4.1 ANÁLISIS DE LINEAMIENTOS EN IMAGEN SATELITAL

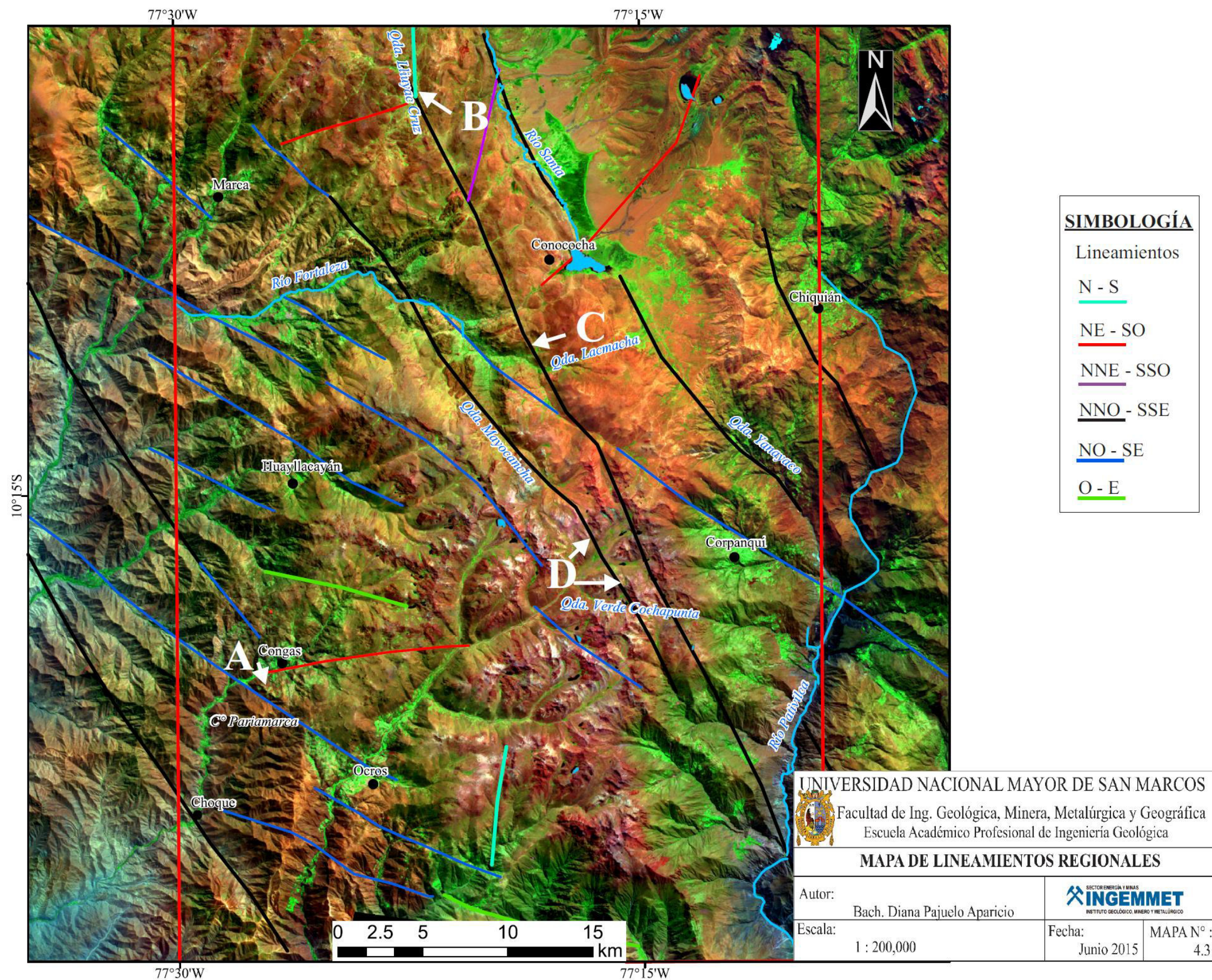
Para la delimitación de los lineamientos se utilizaron las imágenes landsat 5 en la banda 4 y la combinación 742, imagen Aster combinación 931, imágenes DEM y Google Earth, información que se sobrepuso a la imagen Aster con la combinación de bandas 931 el cual permite resaltar el análisis litológico (Mapa 4.3).

Se logran distinguir 6 sistemas de lineamientos dentro de los cuales predominan en cantidad los lineamientos NO-SE, se les ubican en la zona suroeste del área de estudio (Mapa N° 4.3).

El segundo sistema de lineamientos es el NNO-SSE coincidente con la orientación del río Santa, se caracteriza por su continuidad a lo largo del terreno y corta los otros sistemas de lineamientos. Otros sistemas de lineamientos menores son los O-E, NE-SO, N-S y NNE-SSO.

En la zona sur del área de estudio el sistema de lineamientos se encuentra en dirección al área de drenaje circular.

Dentro de la prolongación del trazo de este sistema de lineamientos se identifican características registradas en campo señaladas en el mapa 4.3 con las letras A, B, C y D que indicaría que estos lineamientos forman parte de un sistema de fallas, estas características se detallarán a continuación:



4.4.2 FALLAS

A) Falla Pariamarca

Localizada en el cerro Pariamarca, al sur de la localidad de Congas, se observa el contacto recto de cuerpo intrusivo cortando las secuencias del Cretácico superior (Grupo Casma) (Figura 4.13). Se extiende en una dirección N 55°, buzando al suroeste.



Figura 4.13- Vista al cerro Pariamarca. Sur de Congas, roca intrusiva representada con la simbología “X” corta a rocas volcanosedimentarias del Grupo Casma, representadas por la letra “V”.

B) Falla Lliuyac Cruz

Está ubicada al norte del área de estudio, en la zona oeste del río Santa en la quebrada Lliuyac Cruz. Las capas mantienen un suave buzamiento al noreste, pero al este de la quebrada Lliuyac Cruz, el buzamiento de las capas cambian abruptamente entre 40 a 80° variando el buzamiento de las capas de oeste a este, en este sector se forman pliegues cuyos ejes presentan orientación norte – sur (Figura 4.14). La estructura presenta una orientación N°145. Todas las rocas en este sector son rocas volcánicas del Grupo Calipuy.

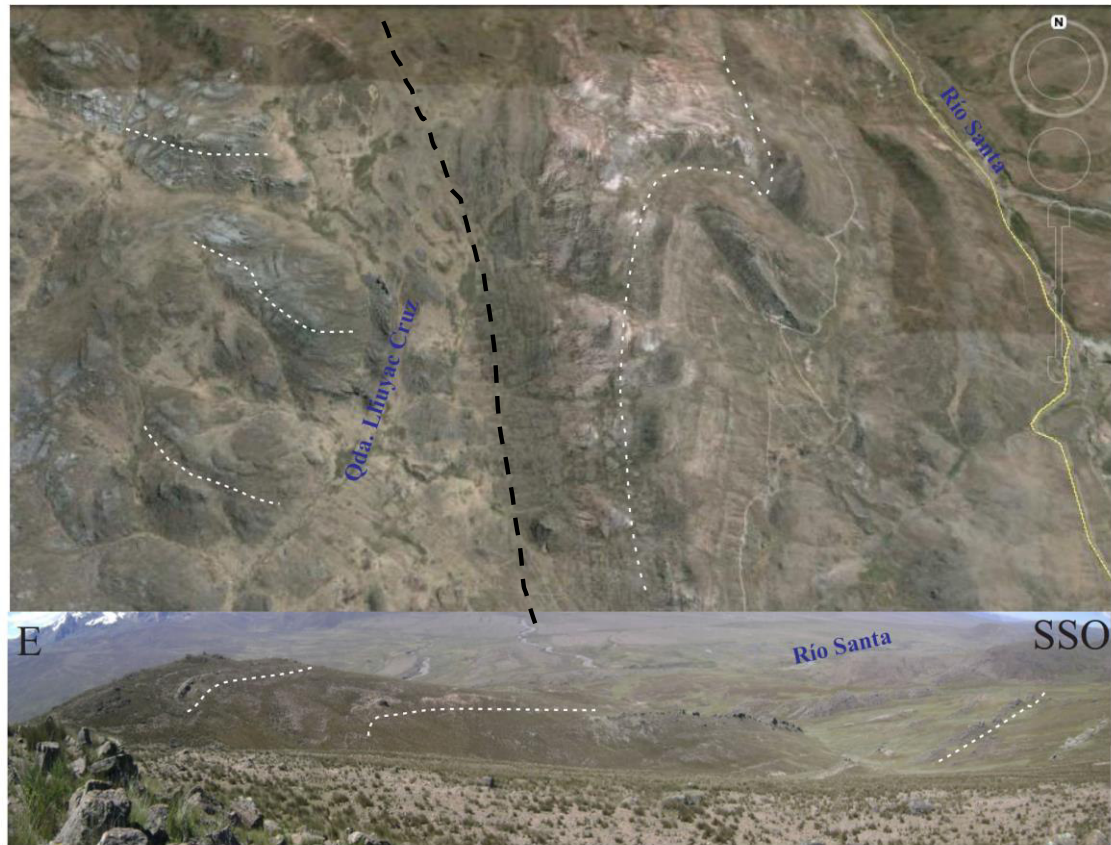


Figura 4.14.- Vista del Google Earth, en el lado derecho las capas presentan buzamiento al noroeste, pasando la quebrada Lliuyac Cruz, las capas se encuentran plegadas. La foto inferior es una vista al eje de anticlinal, se observa como las capas presentan curvatura y en el fondo buzan al este.

C) Falla Lacmacha

En la prolongación de la falla anterior se encuentra otro afloramiento en la cual las capas presentan buzamiento al noreste y luego ángulos verticales, este es un cambio brusco en un pequeño espacio lo cual evidencia que una estructura se encuentra afectando esta zona. Las capas presentan una dirección N160° (Figura 4.15). La litología consiste de brechas piroclásticas, a su alrededor afloran tobas líticas.

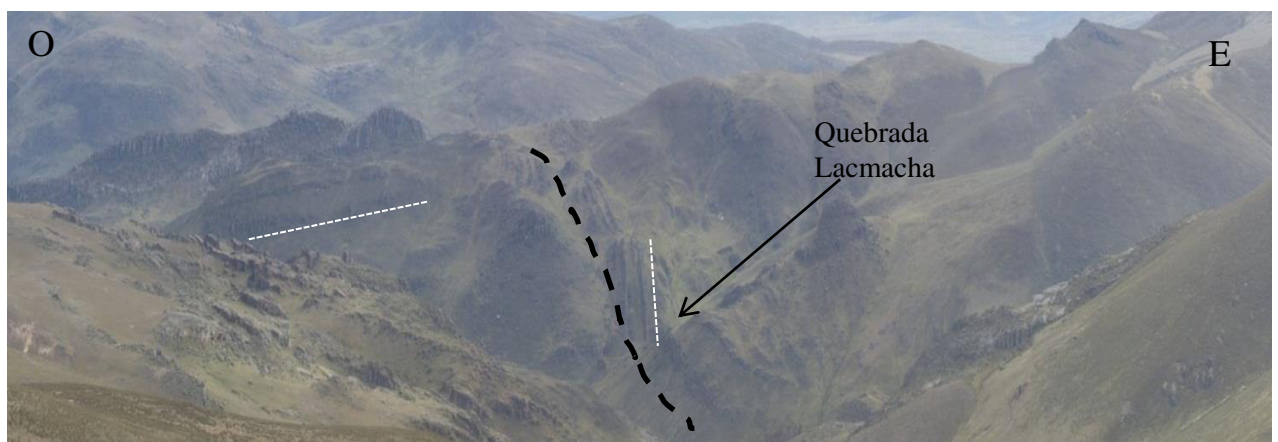


Figura 4.15.-Vista al norte, en la quebrada Lacmacha de las capas con buzamiento vertical en medio de capas que buzan al oeste y este con ángulos suaves.

D) Falla Verde Cochapunta

En el cerro Verde Cochapunta afloran capas de rocas sedimentarias con rumbo N145° cuyos ángulos de buzamiento son casi verticales, estas secuencias de lutitas intercaladas con calizas se encuentran con metamorfismo dinámico de bajo grado, estas capas se encuentran en contacto con las rocas volcánicas del Grupo Calipuy generando halos de alteración hidrotermal. Al noroeste siguiendo la prolongación de esta estructura en la carretera que se dirige a Ocros, afloran las mismas capas de rocas sedimentarias buzando al noreste con ángulos de 45°, estas capas infrayacen a rocas volcánicas (Figura 4.16).

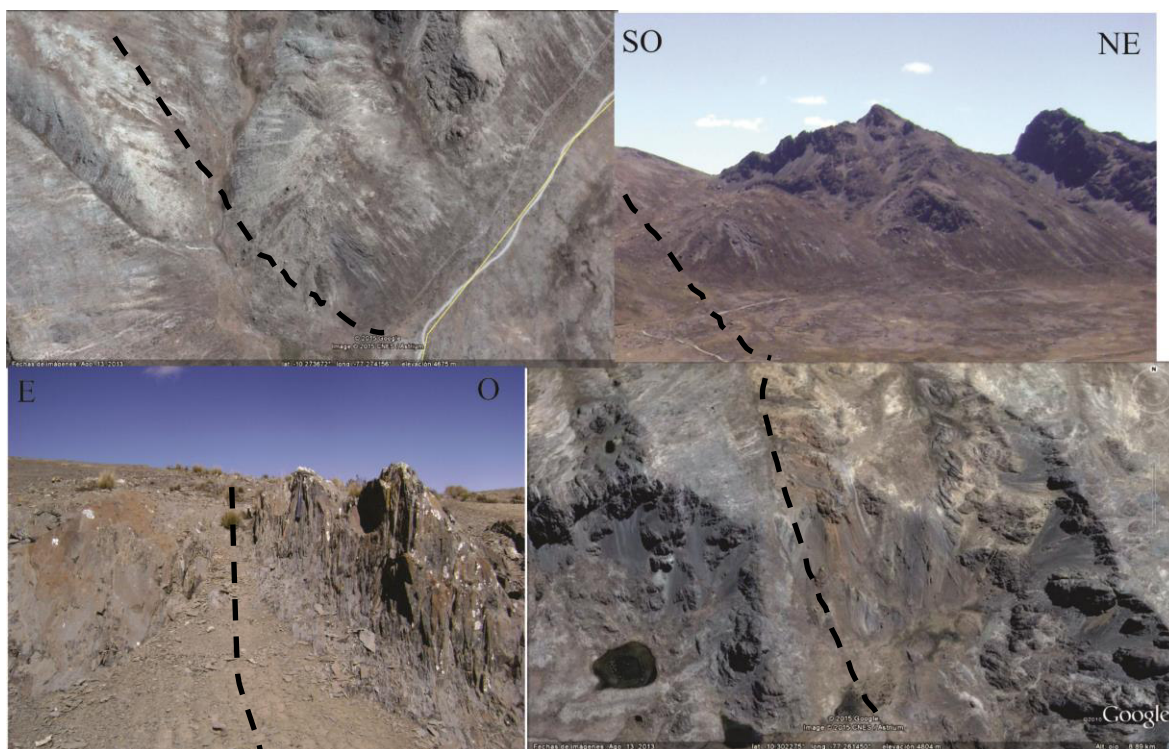


Figura 4.16.- Afloramiento en el cerro Verde Cochapunta vista comparativa de Google Earth y campo. Foto de capas de rocas sedimentarias en contacto con rocas volcánicas, en la prolongación al noroeste en la carretera a Ocros.

E) Prolongación de fallas de la Cordillera Blanca

En las nacientes del río Santa, margen este, se abre paso una altiplanicie fluvio-glaciaria que sobreyace al Grupo Calipuy, denominada por Bonnot como Grupo Lloclla (1984) del Plio-Cuaternario, el grupo presenta desplazamiento por fallas normales (Figura 4.17).

En la extensión del río Santa se extiende un lineamiento que separa las rocas volcánicas del Grupo Calipuy de la altiplanicie fluvio-glaciaria donde se ubica el Grupo Lloclla.

Al este de la cuenca se levanta la cadena de montañas conocida como Cordillera Blanca la cual es la exhumación de rocas intrusivas que se emplazan en los niveles incompetentes de lutitas de color negro del Grupo Chicama del Jurásico superior, en las partes altas de los nevados existen coronas de lutitas metamorfozadas.

La Cordillera Blanca es exhumada por medio de una falla regional de orientación noroeste – sureste y se prolonga a lo largo de 170 km al norte (Figura 4.17). El sistema de fallas corresponde al orden normal sinistral en su último movimiento (Giovanni, 2007) y se afirma que es activa porque desplaza morrenas del Holoceno, a este sistema se denominada sistema de fallas Cordillera Blanca.

En el área de estudio las rocas intrusivas pertenecientes a la extensión de este Batolito afloran al noreste, en forma de montañas (nevado Rajo Cutac) y no se prolongan más al sur

La altiplanicie fluvioglaciaria se encuentra en la zona central este del área de estudio la cual podría encontrarse influenciado por las estructuras (Mapa N° 4.3).

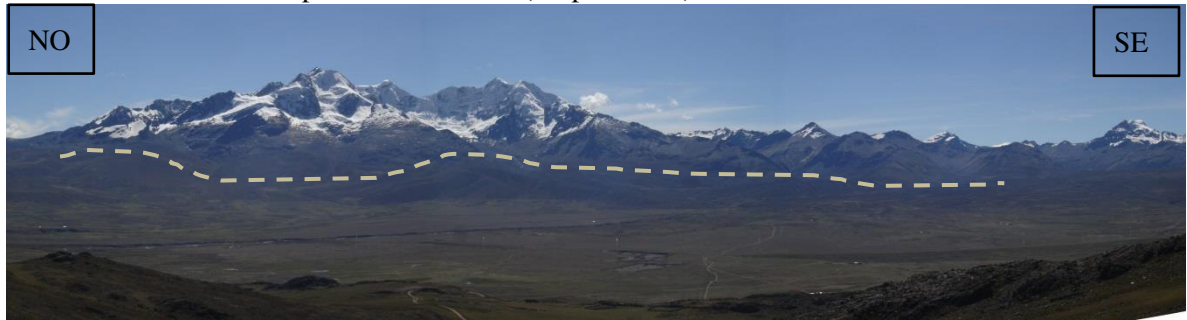


Figura 4.17.- Foto de nevado Rajo Cutac en la Cordillera Blanca con vista noroeste sureste, La falla normal recorre por la base de esta montaña. La depresión en el medio corresponde al Grupo Lloclla y depósitos fluvioglaciares recientes. La línea entrecortada muestra la ubicación del paso del sistema de fallas de la Cordillera Blanca.

CAPÍTULO V

ESTRATIGRAFÍA VOLCÁNICA Y ROCAS INTRUSIVAS

Las secuencias volcánicas del Grupo Calipuy sobreyacen en discordancia angular sobre las rocas sedimentarias (Grupo Goyllarisquizga), volcánicas de origen marino, volcanosedimentarias (Grupo Casma), rocas intrusivas del Cretácico al Paleógeno. Infrayacen en discordancia erosional y angular a las tobas de la Formación Fortaleza del Plioceno y depósitos glaciares del Pleistoceno (Grupo Lloclla) - Holoceno.

En el área de estudio las rocas volcánicas afloran con rumbo general NO – SE y buzamiento predominante al E y NE, sin embargo, a los alrededores del río Santa y laguna Conococha, las capas se encuentran plegadas y la dirección de buzamiento varía, llegando a predominar el buzamiento al oeste. Además, las rocas volcánicas se encuentran cortadas por domos y en algunos casos por rocas intrusivas (Mapa N° 4.2).

Con fines de elaborar una descripción cronológica y detallada, el área de estudio, se subdivide en tres zonas (Mapa N° 5.1), donde se han tomado mayor control en campo. En la zona 1, el buzamiento de las capas es hacia el NE, por lo que se inicia la descripción desde la zona oeste, ubicado en el poblado de Marca, a una cota de 2800msnm, hasta la quebrada Llyullac Cruz ubicada a 4500msnm (A-A’). En esta quebrada el buzamiento de las capas varía hasta llegar al río Santa, las capas se encuentran plegadas pero con buzamiento predominante al oeste, por esta razón las descripciones se realizan desde del río Santa hasta la quebrada Lliuyallac Cruz (B-B’) (Mapa N° 5.1).

En la zona 2, de la misma manera, debido al buzamiento de las capas al NNE, se inicia la descripción desde Huayllacayán - Congas hasta el cerro Mina Punta. Al sur de la laguna Conococha, el ángulo de buzamiento varía al oeste. Para obtener un mejor control en el análisis cronológico estratigráfico, se realiza la descripción desde Chiquián hasta el sur de Conococha.

En la zona 3, las capas buzán al este y se realiza la descripción desde Ocos en dirección a Corpanqui (E-E’) (Mapa N° 5.1).



5.1 ZONA 1: MARCA – RÍO SANTA

Desde Marca hasta la quebrada Lliuyac Cruz, las capas presentan buzamiento al noroeste, esto indica que las rocas volcánicas más antiguas se encuentran a los alrededores de Marca donde sobreyacen en discordancia angular a la Formación Carhuaz y las más recientes cerca a la quebrada Lliuyac Cruz (Corte A-A'). Al oeste del río Santa, las rocas volcánicas se encuentran plegadas y sobreyacen en discordancia angular a las rocas sedimentarias de la Formación Chimú. Por esta razón se ve conveniente realizar descripciones desde el río Santa con dirección noroeste a la quebrada Lliuyac Cruz (B-B') (Mapa N° 5.1).

5.1.1 ROCAS VOLCÁNICAS

A) Corte A – A': Marca – Quebrada Lliuyac Cruz

El corte inicia su descripción cerca del poblado de Pacar ubicado al oeste de Marca, en las coordenadas 8883000N, 226000O a una cota de 2800msnm. Las secuencias basales no muestran una estratificación notoria pero en los niveles superiores las secuencias son más estratificadas con espesores gruesos, manteniendo buzamiento al noreste con variaciones de ángulo entre 10 a 30° hasta llegar al cerro Chururo ubicado en las coordenadas 8891500N, 238500O a 4500msnm. En la quebrada Lliuyac Cruz las capas cambian el buzamiento variando entre este y oeste con ángulos de hasta 90° (Mapa N° 5.2). En este trayecto se identifican los siguientes miembros (Figura 5.15):

- **Tobas de cristales Chicchapunta**

Sobreyace en discordancia angular a las rocas sedimentarias Cretácicas de la Formación Carhuaz (Figura 5.1), al sur de Huayllapampa y Marca. En el cerro Chicchapunta sobreyace de forma discordante a secuencias de limolitas y limoarcillitas rojizas (Figura 5.2B) los cuales contienen fragmentos subangulosos de hasta 0.5 cm, el afloramiento presenta espesor no mayor a un metro. El miembro de tobas se extienden desde la localidad de Marca hasta el río Fortaleza, dispuestos en una franja noroeste – sureste, la forma de estos depósitos no presentan capas en las cuales se puedan realizar mediciones.

Litofacies: El afloramiento presenta aspecto masivo de color gris oscuro (Figura 5.2A).

Componentes: Contiene fragmentos de cristales de plagioclasa, anfíbol y cuarzo en poca cantidad, también fragmentos líticos volcánicos heterogéneos subangulosos y angulosos menor a un 10% (Figura 5.2B), los fragmentos líticos son de origen sedimentario de arenisca cuarzosa y volcánico.

Tamaño de grano: Ceniza fina.

Espesor del afloramiento: Estos depósitos conforman un espesor promedio de 450 m.



Figura 5.1.- Vista al este, flanco oeste del cerro Chicchapunta, las tobas de cristales sobreyacen en discordancia a las rocas sedimentarias de la Formación Carhuaz localizado en la base con colores rojizos.

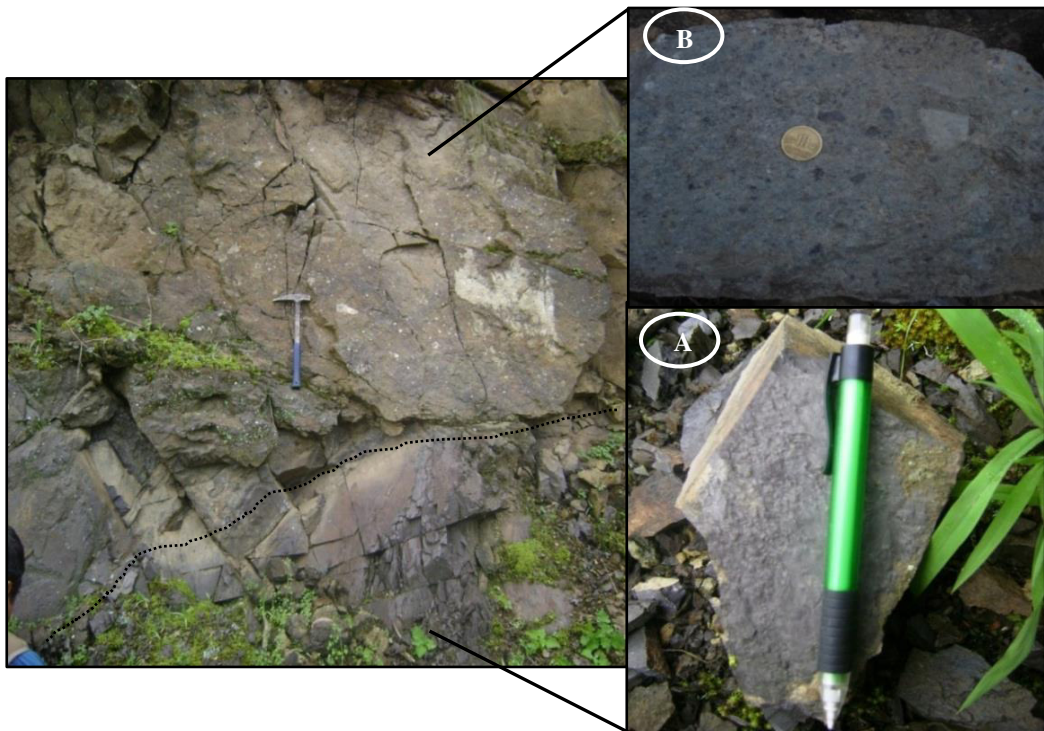


Figura 5.2.- Afloramiento de contacto entre (A) Limoarcillitas rojizas, contiene clastos negros pequeños, sobreyacen (B) Tobas de cristales con algunos fragmentos líticos volcánicos heterogéneos, se ubican en la base oeste del cerro Chicchepunta.

- **Toba de cristales Apupunta**

Sobreyace concordante al miembro de tobas Chicchepunta, se localiza al oeste de la localidad de Marca y se extiende hasta los alrededores del río Fortaleza. Los afloramientos se encuentran representados en los cerros Apupunta y por la carretera que dirige a Pampas Chico, presenta una morfología suave (Figura 5.3).

Litofacies: En la base se encuentran finas intercalaciones de ceniza gris blanquecina, sobreyacen de manera concordante tobas de cristales, dispuestas en forma masiva, color de matriz gris blanca.

Componentes: Fragmentos de fenocristales de plagioclasa, presenta otros cristales con concentraciones abundantes de cuarzo y entre otros menores como anfíbol y biotita (Figura 5.4). En los niveles superiores presentan pómez blanca y verdes fibrosas, además de líticos volcánicos heterogéneos.

Tamaño de grano: Ceniza fina.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 300 m.



Figura 5.3.- Vista a la base del cerro Altar contacto entre toba de cristales Chicchepunta de morfología suave infrayaciendo a un miembro de aspecto tabular de tobas de cristales. Foto con vista al este.



Figura 5.4.- Vista cercana de la toba de cristales, en círculo se muestran fragmentos líticos y con flechas se indican los cristales de plagioclasa y cuarzo.

- **Lava andesítica Marca**

Afloran en la zona norte del río Fortaleza, sobreyace a rocas intrusivas e infrayace a tobas de cristales, el contacto entre rocas intrusivas y emplazamiento de lava no es clara pero se infiere que el emplazamiento fue posterior debido que la roca no se encuentra afectada por deformaciones o alteraciones hidrotermales, está ubicada al norte de la localidad de Marca en la hacienda Putaca, a una cota de 3640 msnm, ocupa un área no mayor de 250 km².

Litofacies: Se encuentra de forma tabular y presenta ligero magnetismo

Textura: Es una roca de textura porfirítica, con una matriz afanítica verdosa (Figura 5.5).

Composición: Fenocristales de plagioclasa y anfíbol.

Espesor del afloramiento: El espesor aproximado es de 2m.



Figura 5.5.- Muestra de mano de lava andesítica.

- **Intercalaciones de aglomerado piroclástico y tobas Pircay**

Las capas se extienden en una franja noroeste - sureste, se encuentran representadas en el cerro Pircay, hasta el norte de Pampas Chico.

Litofacies: Los afloramientos son estratificados, consisten en intercalaciones entre aglomerados y tobas, las tobas presentan morfología con disyunción columnar (Figura 5.3), las capas presentan un rumbo promedio al norte con buzamientos aproximados de 20°.

Componentes: Fragmentos de fenocristales de plagioclasa y microcristales de anfíbol y cuarzo. En la base presenta fragmentos líticos volcánicos y sedimentarios (Figura 5.6A) heterogéneos, el porcentaje es mayor al 75%, las formas son redondeadas. En los niveles superiores disminuye la presencia de líticos a un 10% y el diámetro es de 0.5cm en promedio (Figura 5.6B). Existen otros componentes como la pómez que se presentan en colores blancas y verdes, porfiríticas y fibrosas.

Tamaño de grano: La roca presenta grano fino, ceniza fina gris verdosa a parda, hasta blanca. Predominan bombas con diámetros no mayor de 70 cm.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 350 m.

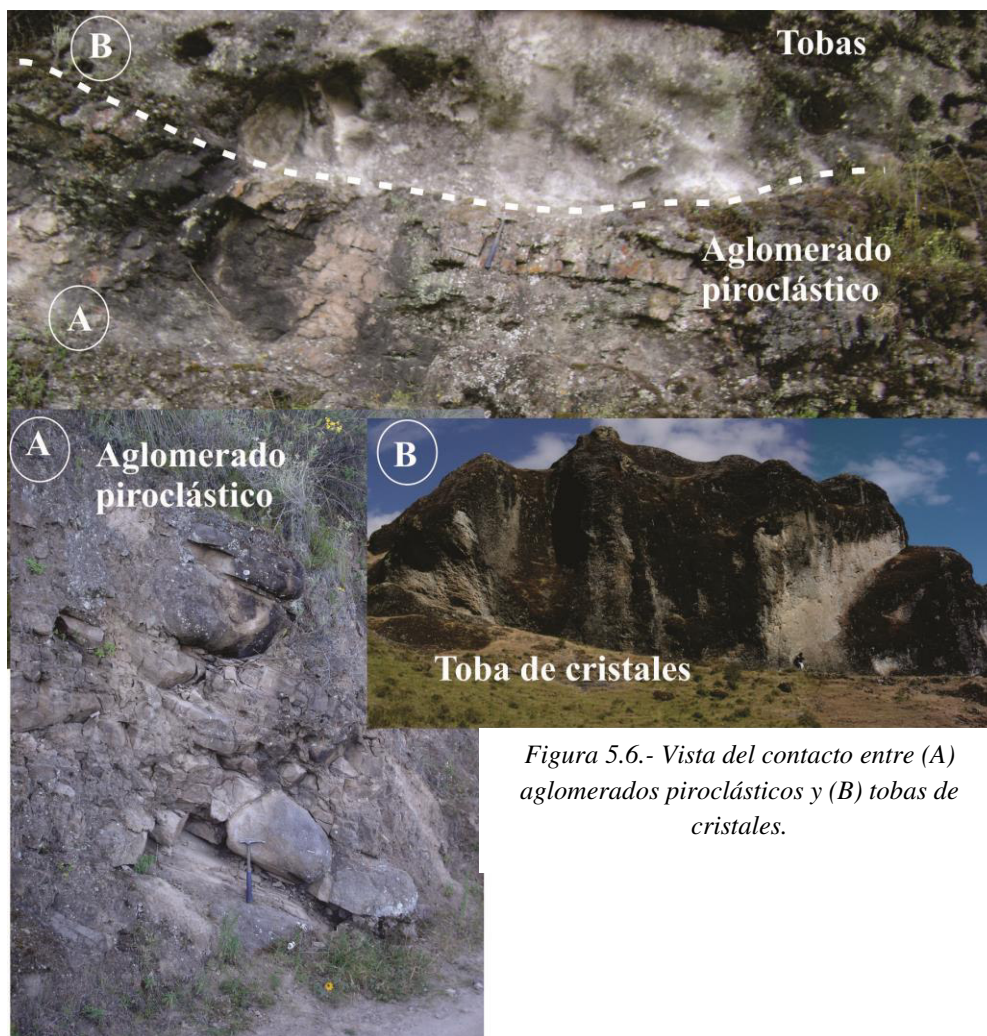


Figura 5.6.- Vista del contacto entre (A) aglomerados piroclásticos y (B) tobas de cristales.

- **Toba de cristales rico en cuarzo Altar**

Aflora en el cerro Altar, se extiende en una franja sureste – noroeste. La matriz de la roca es gris a blanca y rosácea. Se presentan en capas tabulares más finas que las descritas anteriormente,

Litofacies: Afloramiento estratificado en espesores de hasta 10cm, los buzamientos son al noreste y el ángulo varía de 15 a 30°.

Componentes: El cristal que predomina es el cuarzo, presenta otros cristales como plagioclasa y biotita, además contiene pómez blanca y fibrosa. La pómez se encuentra lixiviada, en las capas de niveles superiores, se encuentran dejando tan sólo un relictos de su existencia. (Figura 5.7 A y B). También contiene pocos fragmentos líticos heterogéneos volcánicos subangulosos con diámetro de 0.5mm. La roca presenta variación respecto a las pómez pero predominan la abundancia de cristales de cuarzo por lo que se clasifica como toba de cristales rica en cuarzo.

Tamaño de grano: La matriz es de ceniza fina, color rojizo a gris. La roca se encuentra con aspecto soldado.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 300 m.



Figura 5.7.- Vista de detalle de tobas de cristales ricas en cuarzo, en algunos casos la pómez se encuentra (A) lixiviada y en otras (B) bien preservadas (flechas rojas).

- **Toba lítica y aglomerado piroclástico Ichiccarhuapunta**

Aflora al oeste del río Santa, en los cerros Ichiccarhuapunta y Jatunanchachanan.

Litofaciess: Presentan aspecto masivo a la base y sobreyacen capas de aspecto tabular con buzamiento al noreste y ángulos entre 20 a 25°.

Componentes: Cristales de plagioclasa y anfíbol. Abundantes fragmentos líticos volcánicos heterogéneos de textura porfírica y afanítica de forma subredondeada de diámetro promedio 5 cm, conforme se sube en la secuencias los fragmentos líticos son homogéneos, presentan fragmentos con textura porfírica, la formas son más redondeadas y el diámetro puede variar a más de 6.5 cm (Figura 5.8).

Tamaño de grano: Matriz de ceniza, color gris verdosa, textura clástica fina y sobreyacen bombas de tamaños mayores a 6.5cm.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 70 m.



Figura 5.8.- Afloramiento de aglomerados piroclásticos a la base del cerro Ichiccarhuapunta.

- **Lavas andesíticas Lliuyac Cruz**

Afloran en el sector norte del río Fortaleza, al oeste del río Santa en los flancos laterales de la quebrada Lliuyac Cruz.

Litofacies: Presenta forma tabular, foliada, las capas buzcan al norte y noreste.

Textura: Textura porfirítica.

Composición: En los flancos oeste y este de la quebrada Lliuyac Cruz son de color marrón, presentan fenocristales de plagioclasa (Figura 5.9 B y C).

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 6 m.



Figura 5.9.- Lavas andesíticas con buzamiento al noreste en los (A) cerros Plazapunta donde presenta una matriz gris oscura y en (B) y (C) los flancos de la quebrada Lliuyac Cruz presentan una matriz más clara.

- **Brechas y aglomerados piroclástico Chopijirca**

Ubicadas al oeste del río Santa, en los cerros Chopijirca, Ichiccarhuacpunta y Jatunanchachanan, **Litofacies:** Afloramientos estratificados, presentan capas que buzcan al noreste con ángulos entre 20 y 25° (Figura 5.10).

Componentes: Fragmentos de cristales de plagioclasa, presenta fragmentos líticos heterogéneos de rocas volcánicas que varían su diámetro entre 7 a 15 cm. Sobreyacen secuencias con matriz de ceniza rojiza y en los niveles superiores la matriz es blanca con cristales de plagioclasa. Los fragmentos líticos son volcánicos de aspecto redondeado (Figura 5.11).

Tamaño de grano: Bloques y bombas cuyo diámetro alcanza hasta 1.50 m.

Espesor del afloramiento: Presentan un espesor promedio de 120 m..



Figura 5.10.- Brechas y aglomerados piroclásticos al oeste de la quebrada Lliuyac Cruz.



Figura 5.11.- Vista de bloques de hasta 1.30m. Parte de aglomerados piroclásticos.

- **Toba lítica Chururo**

Los afloramientos se encuentran extendidos en una franja sureste-noroeste, en los cerros Chururo y Lliuyac Cruz hasta llegar al flanco este de la quebrada Lliuyac Cruz (Figura 5.12).

Litofacies: Las capas buzcan al norte y noreste con ángulo promedio de 30°, al pasar la quebrada Lliuyac Cruz, los buzamientos son mayores a 80° al oeste.

Componentes: Fragmentos de cristales de plagioclasa, anfíbol y cuarzo, contiene fragmentos piroclásticos de lavas y toba de cristales subangulosos a angulosos de 0.5 a 3 cm de diámetro.

Tamaño de grano: Ceniza fina deleznable color gris blanquecino.

Espesor del afloramiento: Presentan un espesor promedio de 90 m.



Figura 5.12.- Vista al este, hacia el cerro Chururo, capas de toba lítica sobreyacen a brechas y aglomerados piroclásticos.

- **Lavas andesíticas Plazapunta y Chururo**

Afloran en el sector norte del río Fortaleza, al oeste del río Santa, en el cerro Plaza punta y Chururo, a una cota de 4300 msnm. Se extiende en un área no mayor de 250 m²,

Litofacies: Afloramiento estratificado en capas de 15 a 30 cm, con buzamiento al este- noreste. Roca moderadamente diaclasada. En el cerro Chururo las capas presentan aspecto flujo laminada.

Textura: En el cerro Plazapunta, textura porfirítica. En el cerro Chururo, textura afanítica.

Composición: En el cerro Plazapunta son rocas gris azulinas, presenta cristales de plagioclasa, piroxeno y anfíbol. Tiene fuerte magnetismo (Figura 5.9 A). En el cerro Chururo, la matriz es gris oscura a verdosa, presenta cristales de plagioclasa, anfíbol y piroxeno. Las rocas presentan moderado magnetismo.

Espesor del afloramiento: Presenta un espesor de 3 m.

Al este de la quebrada Lliuyac Cruz las secuencias volcánicas piroclásticas presentan plegamientos con ejes norte – sur, variando el buzamiento de sus capas de este a oeste, con ángulos que varían entre 30 a 80°.

B) Corte B- B': Río Santa – Quebrada Lliuyac Cruz

Este corte presenta una orientación este – oeste y se inicia en el río Santa en las coordenadas 8888000N, 245900 O a 4000 msnm hasta el cerro Picuypunta ubicado en la coordenada 8888000N, 241800 O a 4583 msnm (Mapa N° 5.2). En el cerro Picuypunta las capas buzán al oeste entre 30 y 60°. Al oeste, las capas presentan buzamientos de hasta 90° y en algunos casos buzán al este. En el cerro Lliuyac Cruz las rocas volcánicas presentan anticlinales y sinclinales con dirección norte – sur. En este trayecto se distinguen los siguientes miembros (Figura 5.15):

- **Toba de cristales Santa**

Sobreyacen en discordancia angular a rocas sedimentarias de arenisca cuarzosa (Formación Chimú) y brechas con clastos de areniscas cuarzosa, de la misma forma, entre el cerro Lliuyac Cruz y río Santa, sobreyacen a secuencias de 2 m de sínter calcáreo (Figura 5.13).

Litofacies: Afloramientos estratificados de capas de 1 m.

Componentes: Fragmentos de cristales y pocos líticos heterogéneos. Los cristales presentes son la plagioclasa y anfíbol. Los líticos heterogéneos son de origen volcánico. Las tobas de cristales Santa, se prolongan hasta el flanco este del río Santa.

Tamaño de grano: Las tobas presentan matriz de ceniza fina gris verdoso.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 100 m.



Figura 5.13.- Vista al sur, entre el río Santa y Llyullac Cruz, contacto entre toba de cristales y toba de cristales rica en cuarzo, a la base afloran sínter calcáreo.

- **Aglomerados piroclásticos y toba de cristales Chaquicocha**

Aflora en el cerro Chaquicocha, sobreyace a las tobas de cristales Santa. En los niveles superiores se incrementan las capas con tobas de cristales Chaquicocha.

Litofacies: En algunos sectores se puede apreciar su aspecto estratificado pero en su mayoría predominan diaclasas. Las capas presentan rumbo NNE-SSO con buzamiento promedio de 25°.

Componentes: En la base presenta fragmentos líticos homogéneos subredondeados a redondeados, estos fragmentos líticos alcanzan más de 30cm y presentan composición volcánica (Figura 5.14), En el miembro de tobas suprayacentes presentan fragmentos de cristales como plagioclasa, cuarzo y anfíbol, además presenta algunos fragmentos líticos volcánicos heterogéneos.

Tamaño de grano: En las tobas presenta matriz de ceniza fina color gris verdoso.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 250 m.

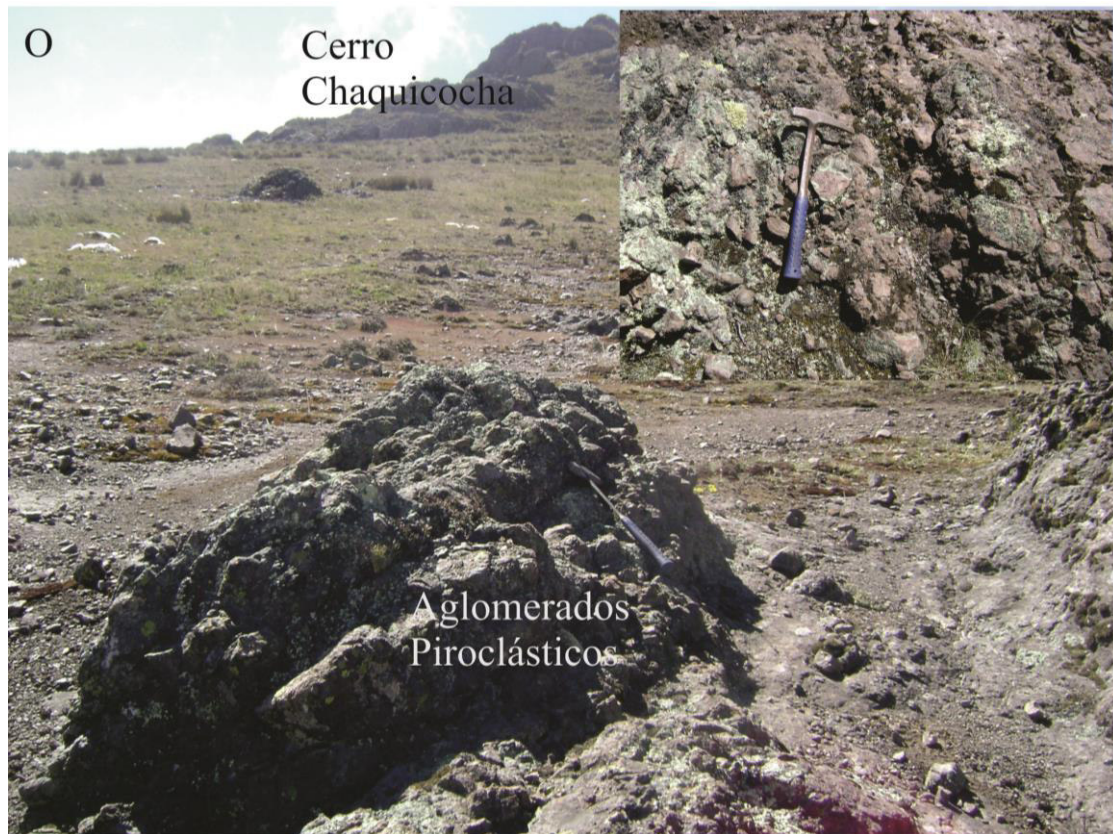


Figura 5.14.- Vista al norte, cerro Chaquicocha, afloramiento de aglomerados piroclásticos con fragmentos líticos tamaño bombas homogéneas.

- **Toba de cristales rico en cuarzo Picuypunta**

Aflora en el cerro Picuypunta, las capas en general se encuentran plegadas y sobreyacen en el río Santa a las tobas de cristales Santa y al sur del cerro Picuypunta a los aglomerados piroclásticos y tobas de cristales Chaquicocha.

Litofacies: Afloran en capas que buzcan al oeste con ángulos cerca a los 60° (Figura 5.13).

Componentes: Fragmentos de cristales de cuarzo, plagioclasa y anfíbol, presenta líticos heterogéneos, algunos con formas subredondeadas.

Tamaño de grano: La matriz es de ceniza fina color gris verdosa. La matriz se encuentra soldada.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es 180 m.

La relación estratigráfica de la litología anteriormente mencionada, se detalla en las columnas A-A' y B-B' (Figura 5.15).

COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA EN LA ZONA 1: MARCA - RÍO SANTA

A-A': Marca - Quebrada Lliuyac Cruz / B-B': Río Santa - Quebrada Lliuyac Cruz

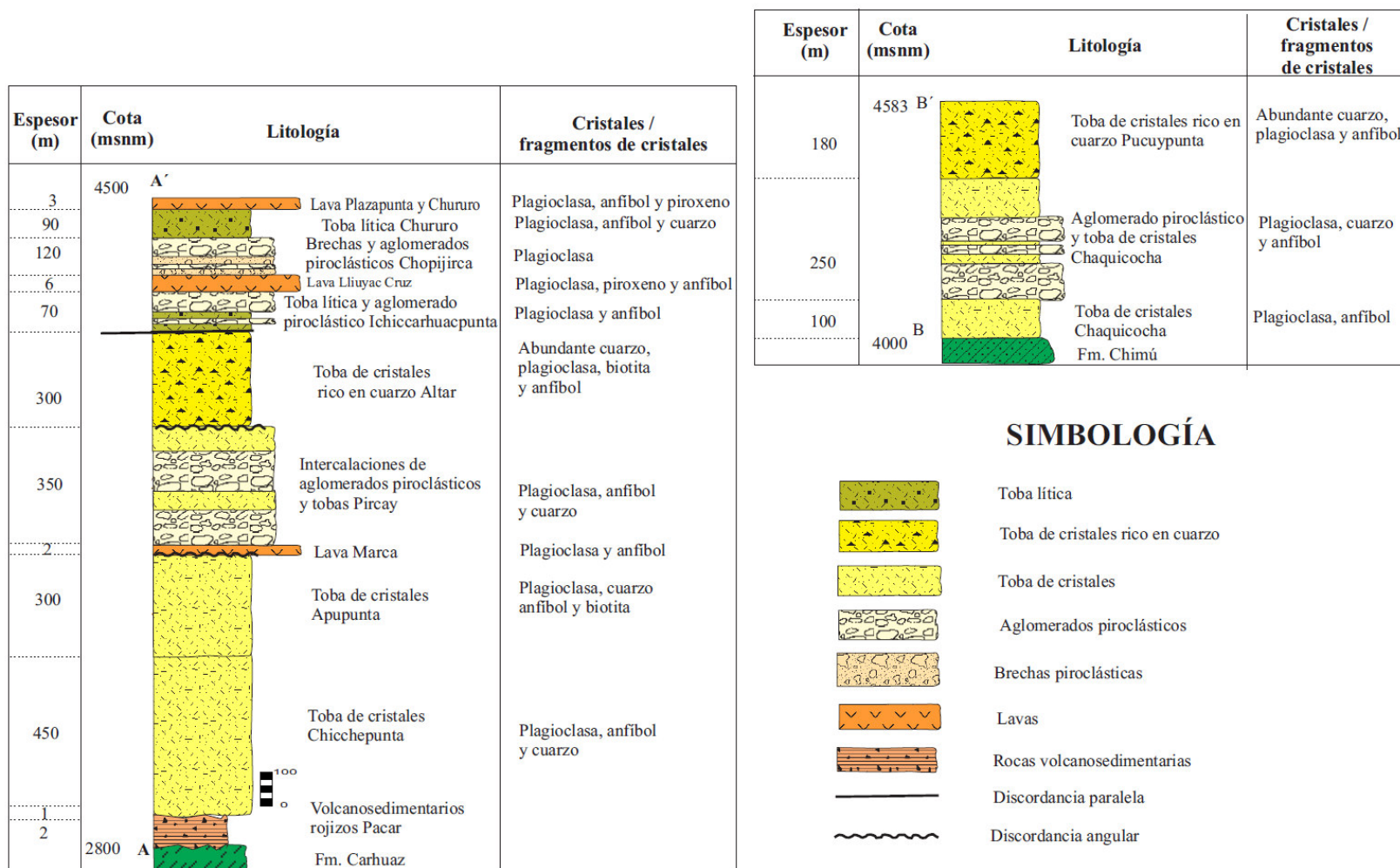


Figura 5.15.- Columna estratigráfica en la zona 1: Marca – Río Santa. En la dirección A – A' y B – B'.

DOMOS

Estos afloramientos se encuentran en cotas mayores a los 4400 msnm, presentan formas de picos sobresalientes.

Los más representativos se encuentran en los cerros Callhuas Talla, Jatun Condorgaga, Chopijirca, Huicnapunta, Lliuyac Cruz, Jatunachachanan y Huacropunta.

- **Domos dacíticos**

Afloran en los cerros Huacropunta y Jatunachachanan, el domo con mayor área es la dacita de Huacropunta que se extiende aproximadamente 3 km². Los otros emplazamientos de domos presentan una extensión menor a medio kilómetro (Figura 5.16).

Litofacies: Estos cuerpos presentan estructuras en bandas (flowbanding) y los domos ubicados al norte presentan estructura en forma semicircular.

Textura: Textura porfirítica.

Composición: Color gris rosácea, presenta fenocristales de plagioclasa y anfíboles, otros cristales de grano de menor tamaño son el cuarzo y biotita. En el cerro Jatunachachanan presenta fragmentos líticos en la matriz, similar en la composición del domo dacítico.

- **Domos andesíticos**

Los afloramientos se encuentran en los cerros Callhuas Talla, Condorgaga, Chopijirca, Huicnapunta, Lliuyac Cruz. En el cerro Callhuas Talla, existen complejos de domos que se cortan entre sí.

Litofacies: Afloran en formas masivas con diaclasas en diversas direcciones representando direcciones de flujo (Figura 5.16).

Textura: Los afloramientos presentan en común una textura porfirítica

Composición: Cristales de plagioclasa, piroxeno y anfíboles. Magnetismo de moderado a fuerte. En los cerros Callhuas Talla y Huicnapunta presentan fenocristales de plagioclasa, el resto de los cristales menos desarrollados es el anfíbol respecto al piroxeno. En los casos de los cerros Condorgaga y Callhuas Talla, presentan fenocristales de anfíbol y los de menor desarrollo son la plagioclasa, anfíbol y piroxeno.



Figura 5.16.- Fotos de domos andesíticos y dacíticos en los cerros Lliuyac Cruz, Huicnapunta, Chopijirca y Jatunanchachanan.

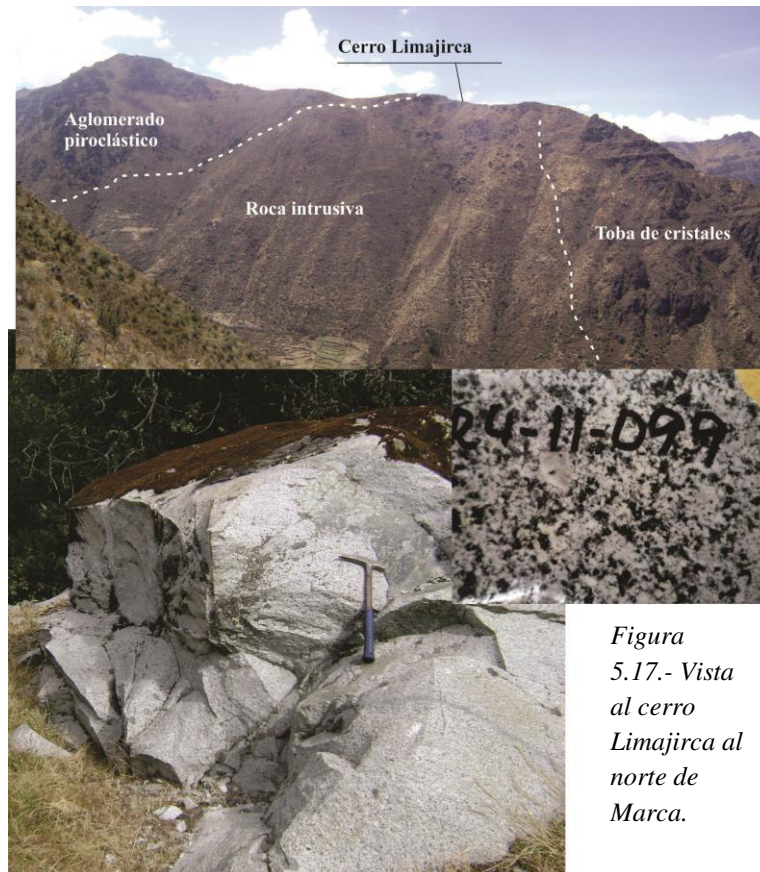
5.1.2 ROCAS INTRUSIVAS

- **Intrusivo tonalita de Marca**

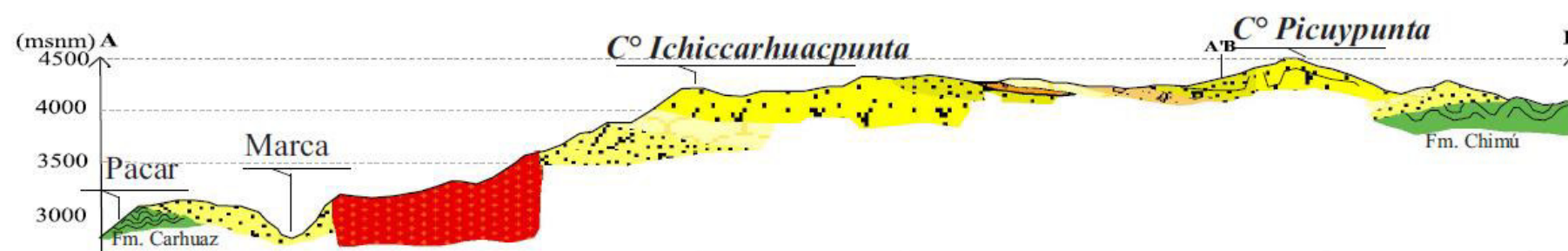
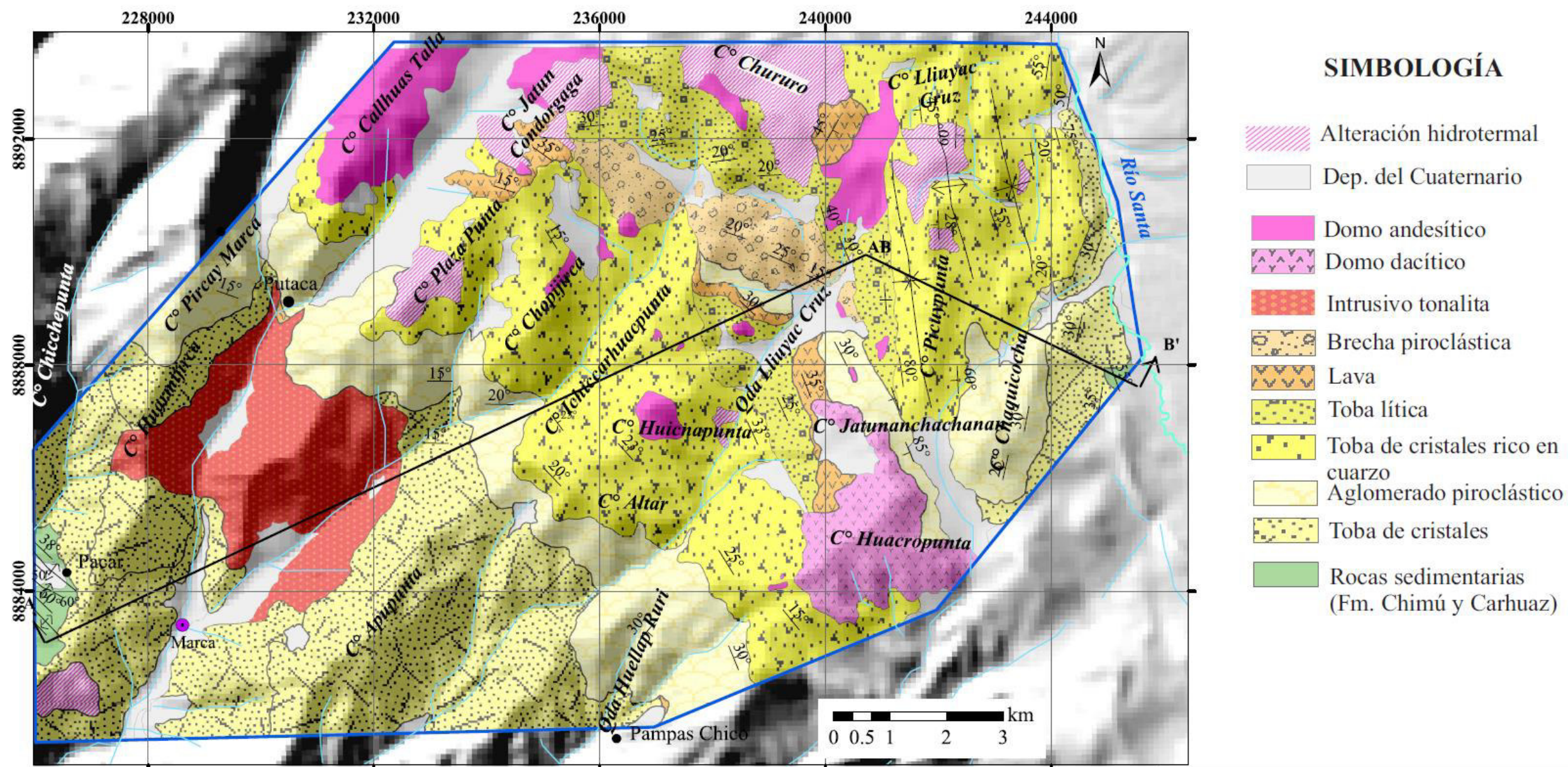
Aflora en la localidad de Marca, corta a tobas estratigráficamente más antiguas, ubicadas al oeste del área de estudio. Según lo observado en campo se identificó que estas rocas intrusivas cortan las dos primeras secuencias volcánicas las cuales se verifica en los cerros Huarmijirca y Limajirca (Figura 5.17).

La roca presenta estructura maciza, granos inequigranulares, es leucócrata, holocristalina, textura fanerítica de grano medio, presenta cristales desarrollados de plagioclasa, cuarzo microgranular, biotita y anfíbol en granos desarrollados.

Además presentan xenolitos subredondeados, mesócratas, microgranulares.



*Figura
5.17.- Vista
al cerro
Limajirca al
norte de
Marca.*



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS Facultad de Ing. Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
MAPA Y SECCIÓN GEOLÓGICA : ZONA 1		
Autor:	Bach. Diana Pajuelo Aparicio	
Escala:	1 : 75,000	Fecha: Junio 2015 MAPA N° : 5.2

5.2 ZONA 2: HUAYLLACALLÁN/CONGAS – CONOCOCHA – CHIQUIÁN

Esta zona presenta estratos con buzamiento al noroeste, las secuencias volcánicas localizadas a la base sobreyacen en discordancia angular al Grupo Casma. Las capas sobreyacentes se encuentran en forma tabular y varían a pseudotabular en las puntas de los cerros. Las rocas más antiguas en esta área se ubican al oeste de Huayllacayán, en el caserío de Chinchasmarcha, las capas continúan con el mismo buzamiento hasta el sur de la laguna Conococha, sin embargo las secuencias volcánicas más jóvenes sólo se encuentran en las cotas más altas, ubicadas en el Cerro Palta Cayan. Estos cerros representan el límite donde a la base vuelven a aflorar miembros antiguos, donde sobreyacen a la Formación Chimú. Por esta razón, se realiza dos cortes: C - C' (Huayllacayán/Congas - Conococha) y D - D' (Chiquián - Conococha), en sentido suroeste – noreste y este – oeste (Mapa N° 5.1).

5.2.1 ROCAS VOLCÁNICAS

A) Corte C - C': Huayllacayán/ Congas – Cerro Mina Punta

El inicio de la descripción se ubica al suroeste de Huayllacayán, en el caserío de Chinchas Marca, en las coordenadas 8864500N, 2290000O a 2520 msnm, localidad de Congas. En la base las secuencias sobreyacen en discordancia angular al Grupo Casma, los afloramientos presentan aspectos masivos sin capas definidas, los niveles superiores se caracterizan por ser más estratificados (cerro Chinchasmarcha y al norte de Congas), en las cotas más altas se encuentran los miembros más jóvenes que se presentan en forma tabular (ubicadas en el cerro Palta Cayan), la zona final de la descripción se ubica en las coordenadas 8866000N, 2528000O a 4800 msnm (Cerro Mina Punta) (Mapa N° 5.3).

- **Lavas andesíticas Chinchasmarcha**

Afloran al sur de Huayllacayán y Chinchasmarcha, localidad de Congas, a una cota de 2420 msnm. Sobreyacen al Grupo Casma, el contacto entre las tobas de cristales suprayacentes al emplazamiento de lavas, se puede registrar en campo aunque la zona se encuentra ligeramente deslizada.

Litofacies: Se encuentra de forma tabular pero muy diaclasadas (Figura 5.18).

Textura: Textura porfírica y afanítica a cristalina fina.

Composición: Color gris azulado, presenta fenocristales de plagioclasa y cristales de anfíbol (Figura 5.18).

Espesor del afloramiento: El espesor es de aproximadamente 75 m.



Figura 5.18.- Afloramiento y detalle del emplazamiento de lavas andesíticas al sur del cerro Chinchasmarcha.

- **Tobas de cristales Chinchasmarcha**

Afloran al oeste de Huayllacayán, en formas masivas sobre el Grupo Casma e infrayacen en ligera discordancia angular a miembros estratificados de tobas (Figura 5.19).

Litofacies: Los afloramientos se extienden hasta el norte de Huayllacayán, al oeste del cerro Jupapunta y al sur entre los cerros Chinchas Marca y Pitec, ubicados al oeste de Huayllacayán.

Componentes: Fragmentos de cristales de plagioclasa, cuarzo y anfíbol, se observan fragmentos líticos heterogéneos en muy poca cantidad.

Tamaño de grano: La matriz consiste de cenizas finas gris verdosa.

Espesor del afloramiento: El espesor aproximado es de 500 m.

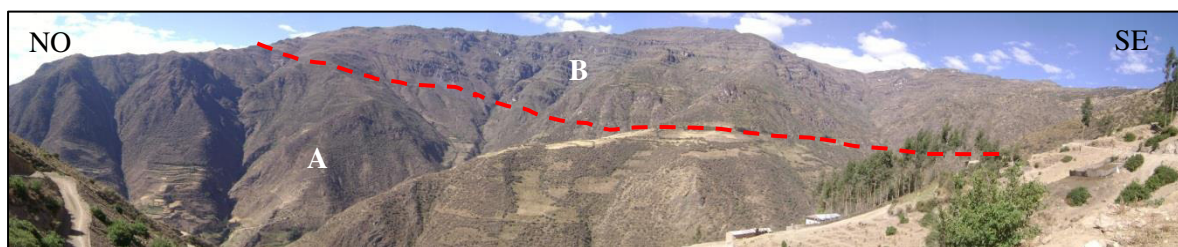


Figura 5.19.- Vista al cerro Chinchasmarcha y Toca, (A) en la base toba de cristales de aspecto masivo y en los niveles superiores (B) toba de cristales de aspecto tabular.

- **Toba lítica Shoclin**

La base de estas secuencias tabulares aflora en el cerro Shoclin, norte de Congas, sobreyacen en discordancia angular a secuencias tabulares volcánicas y sedimentarias del Grupo Casma.

Litofacies: El miembro Shoclin se caracteriza por ser estratificado y presentan capas con espesores entre 5 cm a 1 m (Figura 5.20).

Componentes: Fragmentos de cristales de plagioclasa y poco cuarzo, contiene abundantes fragmentos líticos heterogéneos volcánicos de color negro y textura afanítica, otros de colores blancos y violáceos con textura porfírica (Figura 5.20).

Tamaño de grano: La matriz es ceniza fina deleznable color gris verdosa.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio del afloramiento es de 200 m.

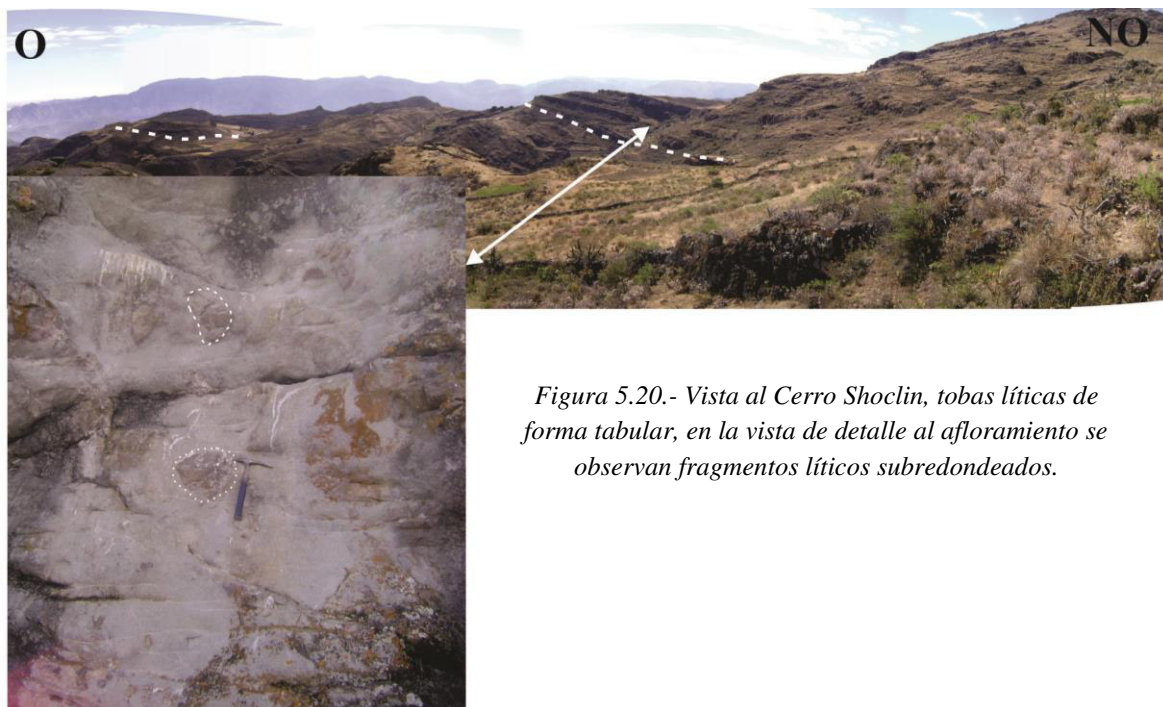


Figura 5.20.- Vista al Cerro Shoclin, tobas líticas de forma tabular, en la vista de detalle al afloramiento se observan fragmentos líticos subredondeados.

- **Toba lítica Santa Cruz**

Aflora en el cerro Santa Cruz y Lampina al norte de Conga

Litofacies: Afloramiento estratificado, capas con rumbo noroeste-sureste con buzamiento al noreste 30° (Figura 5.21).

Componentes: Cristales de plagioclasa y cuarzo. Contiene fragmentos líticos subangulosos a angulosos heterogéneos de origen volcánico, también pómez verdes alargadas de hasta 2 cm.

Tamaño de grano: Matriz de ceniza fina a gruesa color gris oscura.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 100 m.



Figura 5.21.- Afloramiento en el cerro Santa Cruz, miembro tabular de toba de cristales con detalle de sus componentes.

- **Toba de cristales Toca**

Ubicadas en las zonas altas, en los poblados de Congas y Huayllacayán. En el cerro Toca, los estratos se extienden hasta el cerro Lapra, aflora en las partes altas del cerro Chinchasmarcha (Figura 5.19).

Litofacies: Afloramiento estratificado, las capas presentan rumbo noroeste- sureste y buzamiento al noreste de 20-30°

Componentes: Fragmentos de cristales de plagioclasa, poco cuarzo y anfíbol. Presenta pocos fragmentos líticos heterogéneos volcánicos.

Tamaño de grano: Matriz de ceniza fina color gris con tonalidades rojizas y verdosas.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 450 m.

- **Toba de cristales Ancosh**

Aflora en el cerro Ancosh, se extienden hasta el río Fortaleza y quebrada Mayocancha, en algunas zonas presentan aspectos tabulares mejor definidos que en otros lugares.

Litofacies: Afloramiento estratificado, en algunos sectores las capas se presentan mejor definidas con rumbo al noreste con ángulos entre 15 a 20° (Figura 5.22).

A la base afloran secuencias de tobas de cristales en capas de 15cm con rumbo y buzamiento N125°/ 21°E

Componentes: Fragmentos de cristales de plagioclasa, cuarzo y anfíbol, los fragmentos líticos heterogéneos son subangulosos, los cuales se incrementan conforme se sube en la secuencias.

Tamaño de grano: Matriz de ceniza fina color gris verdosa.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 250 m.



Figura 5.22.- Afloramiento en el cerro Ancosh, miembro de tobas de cristales, presenta aspecto pseudotabular.

- **Brecha piroclástica Mayocancha**

Afloran en el cerro Chacuapuquio, en ligera discordancia angular al miembro de tobas de cristales Ancosh.. Estas secuencias se extienden hasta la quebrada Tuco Ragra ubicada al sur de la laguna Conococha. A lo largo de la quebrada Lacmacha, se encuentran algunas cuevas donde se han encontrado afloramientos de arenisca cuarzosa, a veces en bloques. Se deduce que las tobas en este sector no presentan un gran espesor y se encuentran afectados por la falla.

Litofacies: Afloramientos estratificados. Estos depósitos forman pliegues, toman rumbos y buzamientos de N172°/85°O (Figura 5.23).

Componentes: Fragmentos de cristales de plagioclasa y cuarzo, los fragmentos líticos son heterogéneos y homogéneos en algunas sectores predominan fragmentos volcánicos. Estos componentes son los de mayor abundancia.

Tamaño de grano: Matriz color gris oscuro a gris violácea, predominan fragmentos subredondeados de 8 a 10 cm y otros subangulosos de hasta 1 cm.

Espesor del afloramiento: La secuencia en general presenta espesor promedio de 200 m.



Figura 5.23.- Afloramiento de aspecto tabular de brechas piroclásticas en la quebrada Lacmacha., La flecha indica los plegamientos que presenta.



Figura 5.24.- Vista al suroeste, carretera a Ocos donde se observan rocas volcánicas de aspecto masivo.

- **Toba vítrea Millpo**

Ubicada en el cerro Millpo se extiende en una franja noroeste – sureste, sobreyace discordante a las tobas Toca y Ancosh. Infrayace a lavas Jachipunta.

Litofacies: Aflora en forma masiva en el cerro Millpo, las capas presentan ligero buzamiento al noreste con ángulos entre 10 a 15° (Figura 5.25).

Componentes: Presenta pómez de forma abundante, ceniza y fragmentos líticos, las pómez son blancas alargadas, fragmentos de cristales de plagioclasa, cuarzo y biotita.

Tamaño de grano: La matriz es de ceniza fina, color gris rojizo a verde.

Espesor del afloramiento: En conjunto el espesor promedio es de 150 m.



Figura 5.25.- Vista al cerro Millpo, en esta vista las tobas vítreas presentan aspecto masivo.

- **Lava andesítica Jachipunta**

Se ubica en el cerro Jachipunta, en una cota de 4600msnm, se extiende en un área no mayor a 50m².

Litofacies: Secuencias tabulares, flujo laminadas.

Textura: Textura afanítica

Composición: Color gris oscura.

Espesor del afloramiento: Espesores menores a 2 m.

- **Toba de cristales Pichachuain**

Afloramiento ubicado en el cerro Pichachuain, donde sobreyace a toba de cristales Ancosh y brechas piroclásticas Mayocancha.

Litofacies: Afloramiento estratificado con capas de hasta 1m, con buzamiento promedio de 25°. Sobreyace a tobas de cristales Ancosh e infrayace a toba lítica Portachuelo. (Figura 5.24A).

Componentes: Cristales de plagioclasa, anfíbol y cuarzo.

Tamaño de grano: La matriz es de ceniza fina color gris verdosa.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 150 m.

- **Toba lítica Portachuelo**

Aflora en el cerro Portachuelo y lagunas Purísima, sobreyace a toba de cristales Pichachuain en el cerro Contrayerba (Figura 5.26^a)

Litofacies: Afloramiento estratificado, las capas buzan al noreste con ángulos de 10°, pero en algunas áreas buzan al suroeste con buzamientos de 15° (Figura 5.26).

Componentes: predominan fragmentos líticos volcánicos heterogéneos, de formas subredondeadas a subangulosas menores a 10 cm (Figura 5.24B). También presenta cristales de plagioclasa, cuarzo y anfíbol.

Tamaño de grano: La matriz de ceniza fina color gris verdosa.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 100 m.

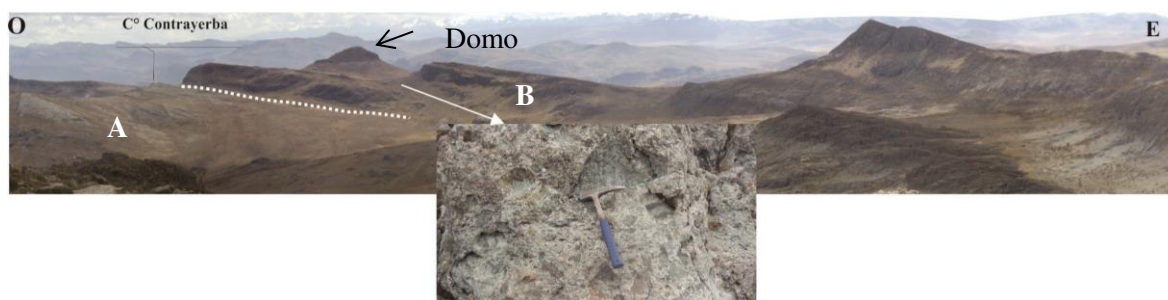


Figura 5.26.- Vista al cerro Contrayerba se observa (A) a la base toba de cristales correspondientes al cerro Pichachuain y (B) sobreyacen tobas líticas de aspecto tabular.

- **Toba de cristales Saquicocha**

Aflora a lo largo del cerro Saquicocha y se extiende de sureste a noroeste.

Litofacies: Afloramiento en capas pseudo estratificadas (Figura 5.27). Las capas presentan espesores de hasta 1m y buzamientos entre 10 y 20°.

Componentes: Cristales de plagioclasa, anfíbol y cuarzo. Los cristales se encuentran orientados en la misma dirección de las capas.

Tamaño de grano: Cenizas fina, color gris oscura a verdosa.

Espesor del afloramiento: Llegan a alcanzar espesores de hasta 150 m.



Figura 5.27.- Vista al cerro Saquicocha, en las partes altas afloran capas de tobas de cristales.

- **Lavas andesíticas Yanapunta**

Aflora al sureste de la laguna Conococha, a una cota promedio de 4600msnm. Afloran en superficies no mayores a 100m². En el cerro Yanapunta sobreyace a roca intrusiva Mina Punta.

Litofacies: Son secuencias tabulares foliadas con buzamiento al oeste.

Textura: Textura afanítica y cristalina fina.

Composición: Color gris oscura. Presentan cristales de plagioclasa y anfíbol.

Espesor del afloramiento: Espesor de 2m (Figura 5.28).



Figura 5.28.- Afloramiento tabular de lavas andesíticas en el cerro Yanapunta.

B) Corte D - D': Chiquián - Conococha

La descripción se inicia al norte de Chiquián, cerca al poblado de Carcas, en el cerro Toca, con coordenadas 8884500N, 2625000O a una cota de 4000 msnm. En la base se encuentran secuencias volcanoclásticas rojizas que sobreyacen en discordancia angular a las secuencias sedimentarias plegadas de la Formación Chimú. Las rocas volcanoclásticas son cubiertas por rocas volcánicas piroclásticas, las cuales se encuentran ligeramente plegadas en los niveles superiores son cubiertas por depósitos fluvioglaciares al sur de la laguna Conococha, en el flanco este del Cerro Mina Punta afloran secuencias de lavas andesítica, ubicadas entre las coordenadas 8877000N, 2500000O, altura 4400 msnm (Mapa N° 5.3). Se reconocen los siguientes miembros (Figura 5.33):

- **Volcanosedimentarios Chiquián**

Estas secuencias tabulares afloran en la carretera Conococha – Antamina, cerca al desvío a Chiquián. Sobreyace a las areniscas cuarzosas de la Formación Chimú.

Litofacies: Secuencias estratificadas con capas entre 10 – 30 cm, el rumbo es N°50 - 70° y el buzamiento presenta un ángulo promedio de 20°.

Componentes: Fragmentos líticos subangulosos, heterogéneo (volcánico y sedimentario) (Figura 5.29).

Tamaño de grano: Fragmentos líticos de tamaños entre 0.1 a 2 cm, en matriz de grano tamaño de arenas y limos color rojizo con granos medios de color blanco en menor cantidad.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 70 m.



Figura 5.29.- Carretera a Antamina, afloramiento de estratos volcanosedimentarios, color rojizos.

- **Aglomerado piroclástico y tobas de cristales Ñupo**

Sobreyace al miembro volcanosedimentario Chiquián, se les ubica a lo largo del cerro Ñupo al norte de Carcas (Mapa N° 5.3).

Litofacies: El miembro Ñupo se encuentra estratificado, las capas presentan un rumbo general de norte – sur, con ángulos de buzamiento que varían entre 20 y 40°, el rumbo de buzamiento debido a los plegamientos suaves varían de oeste a este. Las capas con aglomerados piroclásticos miden 50cm aproximadamente y se intercalan con tobas de cristales que presentan capas con espesores de 15cm. Los niveles basales se encuentran compuestos en su mayoría por tobas de cristales.

Componentes: Bloques redondeados a subangulosos heterogéneos, fragmentos de cristales de plagioclasa, también presenta cristales de anfíbol y cuarzo (Figura 5.30).

Tamaño de grano: Los bloques alcanzan tamaños hasta 40 cm. Matriz de ceniza fina color rojizo entre los bloques.

Espesor del afloramiento: El espesor aproximado es de 200 m.

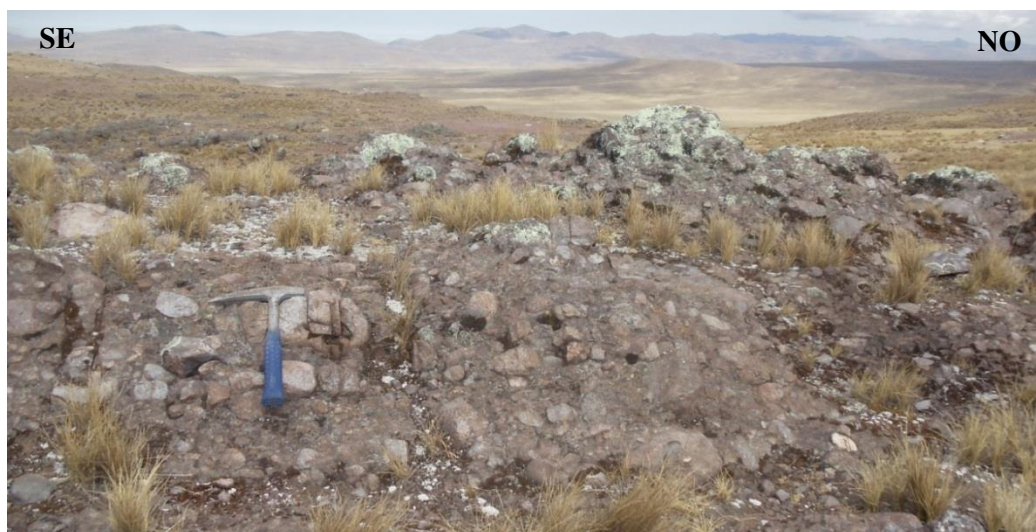


Figura 5.30.- Afloramiento en el cerro Ñupo, vista de aglomerados piroclásticos, bloques redondeados a subredondeados.

- **Toba de cristales Pucapunta**

Se ubica en el cerro Pucapunta, se extienden al norte, hasta la base del nevado Rajo Cutac y al oeste hasta la quebrada Tuco Ragra. Aparentemente las secuencias volcánicas se prolongan por debajo de la pampa de Lampas actualmente cubiertas por depósitos fluvioglaciares (Mapa 5.3).

Litofacies: Afloramiento estratificado, las presentan espesores entre 20-30 cm, con rumbo y buzamiento N130°-150°/5° -35° O (Figura 5.31A).

Componentes: Fragmentos de cristales de plagioclasa, anfíbol y cuarzo los cuales presentan una dirección de fluidez (Figura 5.31B), fragmentos líticos heterogéneos en mínima cantidad subangulosos menor a 1cm.

Tamaño de grano: La roca presenta matriz blanca, gris verdosa y rojiza.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 150m cerca al nevado Rajo Cutac y de 400 m en los cerros Pucapunta.

- **Lavas andesíticas Tuco Ragra**

Se encuentran al sur de la laguna Conococha, al oeste de la quebrada Tuco Ragra, a una cota de 4400 msnm. Sobreyacen a las brechas piroclásticas Mayocancha, se extienden de sur a norte a lo largo de 4 km de largo.

Litofacies: Afloramiento estratificado moderadamente fracturado, las capas presentan rumbo y buzamiento de 125°/10°O (Figura 5.32).

Textura: Color gris oscura, textura afírica.

Composición: Cristales de plagioclasa y anfíbol.

Espesor del afloramiento: El espesor varía entre 1 a 2 m.



Figura 5.31.- Afloramiento tabular de (A) tobas de cristales y (B) en la vista de detalle se observa la dirección de los cristales.

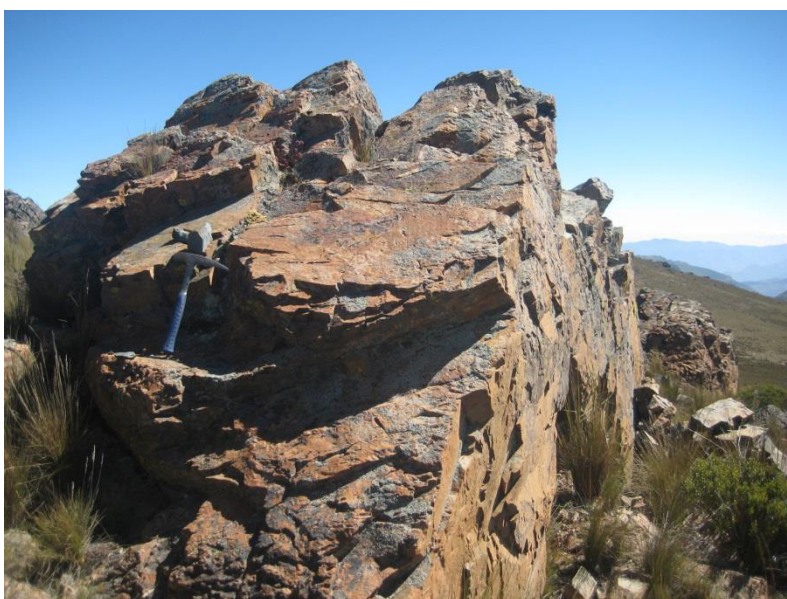
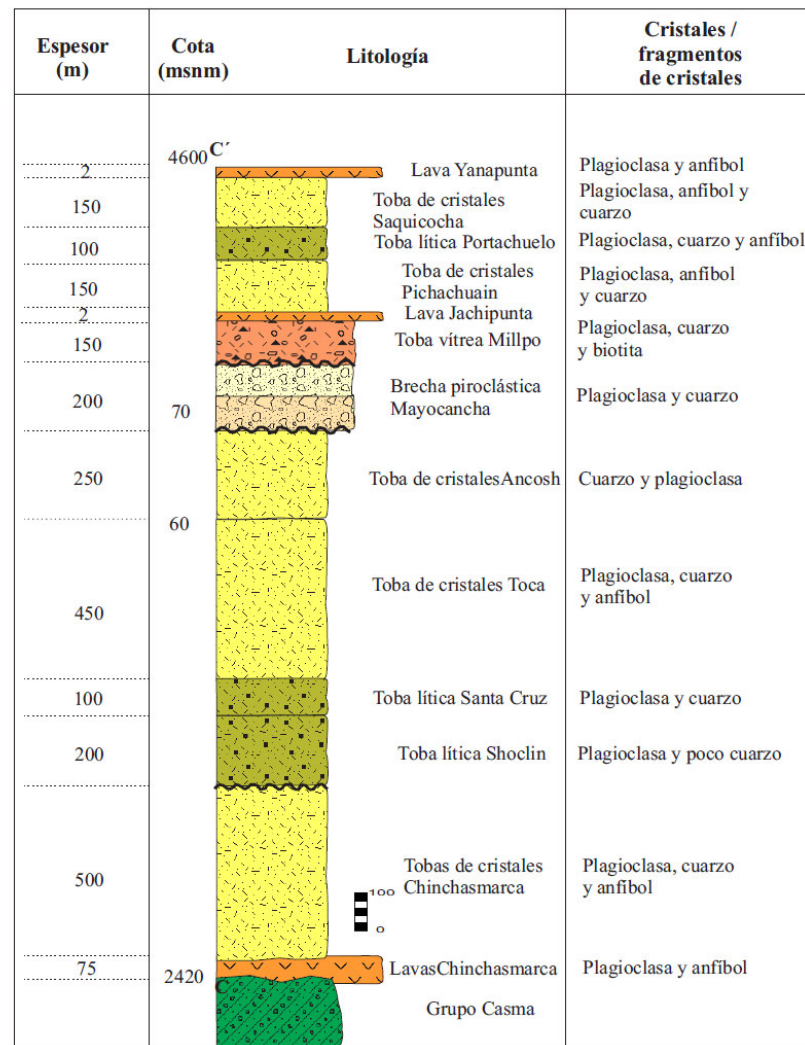
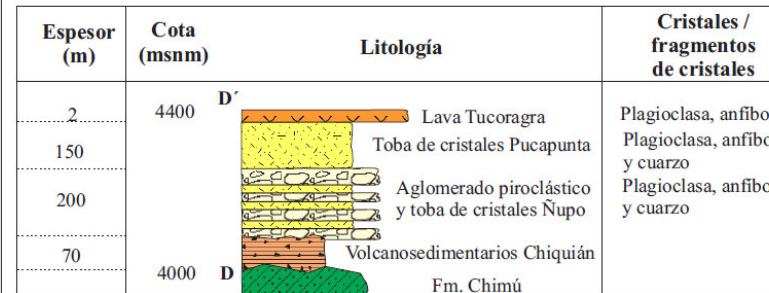


Figura 5.32.- Afloramiento tabular de lavas andesíticas al este de la quebrada Tuco Ragra.



COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA EN LA ZONA 2: HUAYLLACAYÁN/CONGAS - CONOCOCHA - CHIQUIÁN

C-C' : Huayllacayán/Congas - Cerro Mina Punta
B-B' : Chiquián - Conococha



SIMBOLOGÍA

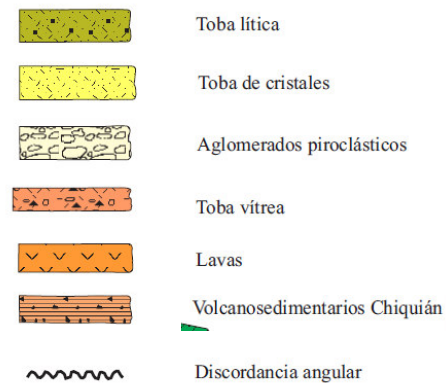


Figura 5.33.- Columna estratigráfica en la zona 2: Huayllacayán/Congas – Conococha - Chiquián. En la dirección C – C' y D – D'.

DOMOS

- **Domos andesíticos**

Forman las puntas altas de los cerros Contrayerba (Mapa N° 5.3), Portachuelo, Cushuropunta y Palta Cayan.

Litofacies: Afloran en forma masiva con estructuras de flujo, diaclasas en diversas direcciones.

Textura: Textura afanítica a cristalina fina.

Composición: Color verde oscura. Cristales de anfíbol y plagioclasa.

5.2.2 ROCAS INTRUSIVAS

- **Intrusivo cuarzodiorita de Yamor**

Aflora al este de la localidad de Yamor (Figura 5.34A), corta a las tobas más antiguas de este sector que se encuentran de formas masivas y a las tobas que afloran de forma tabular. Corta a las tobas de cristales presentadas en formas tabulares en los cerros Lapra y Ancosh.

La roca presenta granos inequigranulares, es mesócrata holocristalina, textura fanerítica, presenta cristales de plagioclasa y cuarzo, dentro de los minerales máficos presenta biotita.

- **Intrusivo cuarzodiorita de Huayllacayán**

Aflora en la localidad de Huayllacayán, corta a las tobas y a las secuencias volcánicas más antiguas, además de la secuencia volcánica tabular del cerro Lapra.

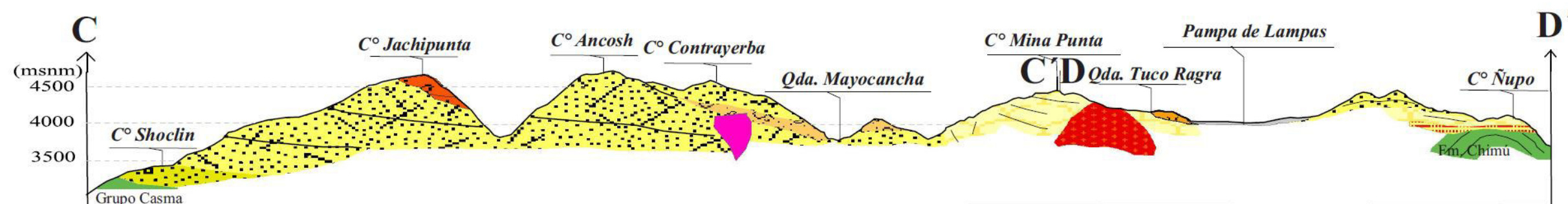
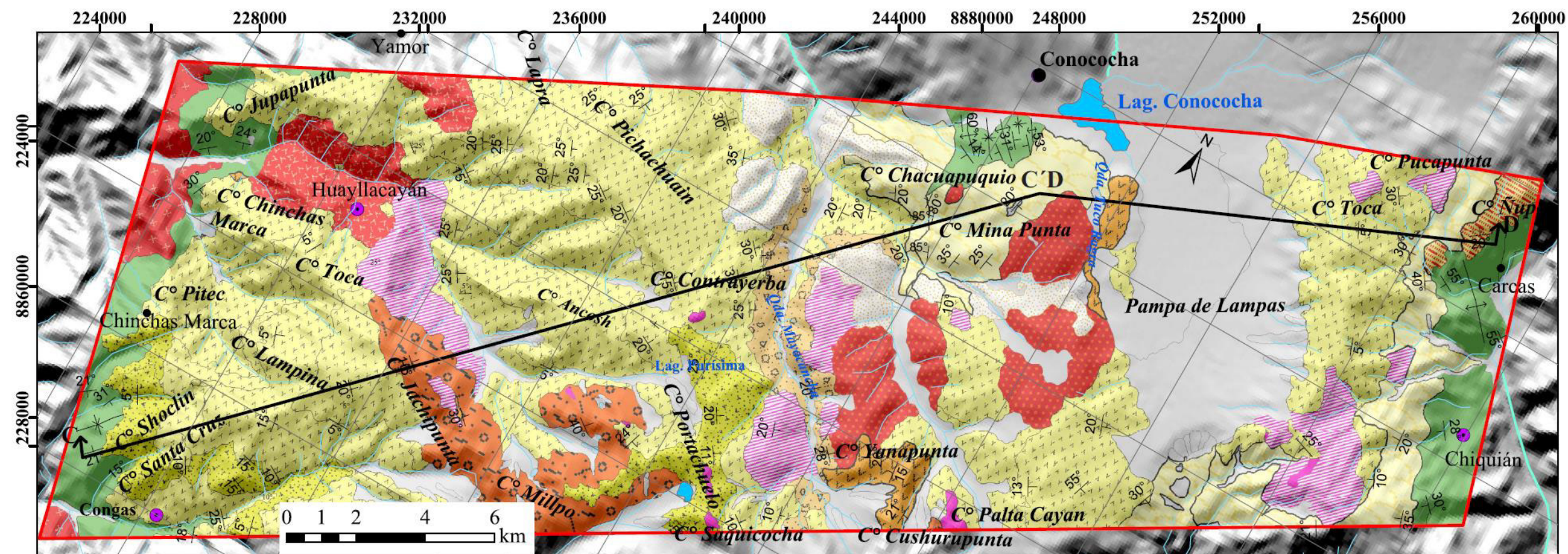
La roca presenta granos inequigranulares, es mesócrata holocristalina, textura fanerítica, presenta cristales de plagioclasa, cuarzo, dentro de los minerales máficos presenta anfíbol.

- **Intrusivo cuarzomonzodiorita Mina Punta**

Aflora en el cerro Mina Punta y al sur de la quebrada Lacmacha, la roca es mesócrata, textura fanerítica con fenocristales de anfíbol, inequigranular, presenta cristales de plagioclasa y cuarzo (Figura 5.34B).



Figura 5.34.- Afloramiento de rocas intrusivas en el área 2 (A) tipo cuarzodiorita al este de Yamor y (B) cuarzomonzodiorita en el cerro Mina Punta ubicado al suroeste de la laguna Conococha.



SIMBOLOGÍA

	Toba vítrea		Lava		Alteración hidrotermal
	Toba de cristales		Intercalaciones volcanosedimentarias		Domo andesítico
	Toba lítica		Aglomerado piroclástico		Intrusivo cuarzdiorita
	Grupo Casma		Brecha piroclástica		Intrusivo Cuarzomonzodiorita
	Formación Chimú				

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS Facultad de Ing. Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
MAPA Y SECCIÓN GEOLÓGICA : ZONA 2		
Autor: Bach. Diana Pajuelo Aparicio		
Escala: 1 : 125,000	Fecha: Junio 2015	MAPA N° : 5.3

5.3 ZONA 3: OCROS – CORPANQUI

En esta zona es difícil identificar capas definidas, se encuentran pseudotabulares. El rumbo de las capas se presentan entre sureste a noroeste, por lo cual se sugiere hacer un corte E –E’ desde el suroeste al noreste (Mapa N° 5.1).

5.3.1 ROCAS VOLCÁNICAS

A) Corte E – E’: Ocros - Corpanqui

El corte se inicia al este de Ocros en el cerro Intijeganan, entre las coordenadas 8849000N, 2440000O a una cota de 4000 msnm aproximadamente, sobreyacen secuencias estratificadas, las cuales buzcan al este. La descripción de las secuencias volcánicas continúa hasta los cerros altos de Corpanqui donde se encuentran las secuencias volcánicas más jóvenes en el cerro Sacnacocho entre las coordenadas 8861500N, 2550000O a una cota 4850 msnm (Mapa N° 5.4). Los miembros volcánicos se describen a continuación (Figura 5.41)

- **Toba de cristales Intijeganan**

Afloran a los alrededores de Ocros, en los cerros Misca Huayunca e Intijeganan, sobreyacen al Grupo Casma y rocas intrusivas del Batolito de la Costa.

Litofacies: Afloramientos pseudoestratificados (Figura 5.35).

Componentes: Fragmentos de fenocristales de plagioclasa y otros de menor tamaño como plagioclasa y anfíbol, además presenta fragmentos líticos volcánicos heterogéneos, algunos con texturas porfirítica y afanítica.

Tamaño de grano: Matriz de ceniza fina, color gris verdoso.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 200 m.



Figura 5.35.- Afloramiento de toba de cristales en el cerro Intijeganan, en detalle se observa matriz gris verdosa.

- **Intercalaciones volcánicas Milliscocha**

Afloran en el cerro Milliscocha sobreyace a toba de cristales Intijeganan y a rocas intrusivas Ocros.

Litofacies: Afloramiento estratificado con capas entre de 20 a 50 cm, las capas presentan rumbo N10° y buzamiento 40°E. Presentan intercalaciones de lava, sinter, lapillita y toba lítica

Componentes: En las lavas, color gris verdosa, textura afanítica a cristalina fina, presenta cristales de plagioclasa y piroxeno. Lapillita color violáceo. Lapilli acrecional. Fragmentos líticos volcánicos heterogéneos angulosos (Figura 5.36).

Tamaño de grano: Lapilli 3 mm, ceniza gruesa 0.2 mm aproximadamente.

Espesor del afloramiento: En conjunto forman un espesor de 60 m.

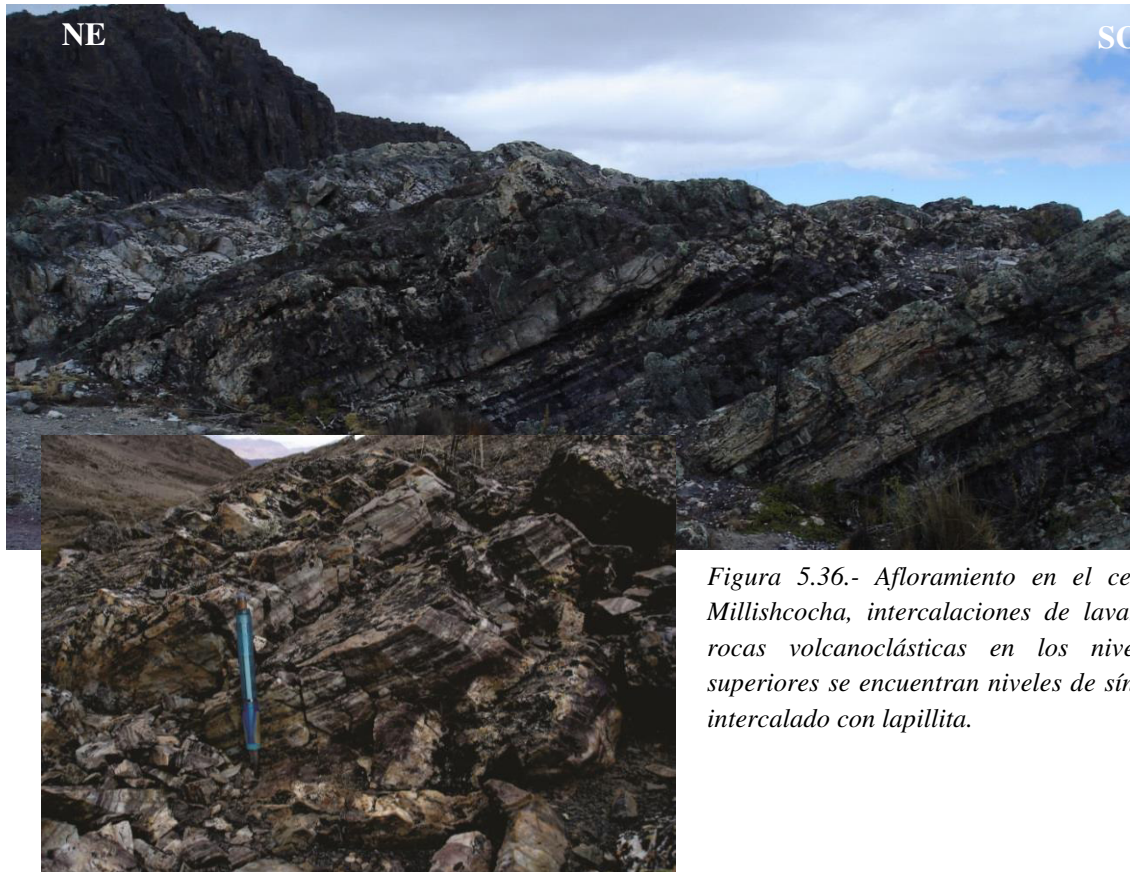


Figura 5.36.- Afloramiento en el cerro Millishcocha, intercalaciones de lavas y rocas volcanoclásticas en los niveles superiores se encuentran niveles de sínter intercalado con lapillita.

- **Brechas piroclásticas Minacocha**

Al sur de la laguna Minacocha, afloran secuencias de brechas piroclásticas, el área que abarca es menor a 1 km². Estos miembros también se encuentran a la base de las tobas.

Litofacies: Formas estratificadas con ligero buzamiento de 5° al este.

Componentes: Fragmentos líticos homogéneos de textura porfirítica color verde, los clastos son subangulosos y subredondeados con diámetros mayores a 4 cm,

Tamaño de grano: Poca matriz de ceniza color gris verdosa a violáceo, predominan bloques angulosos.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 150 m.

- **Toba de cristales Milliscocha**

Se ubican en el cerro Millishcocha y laguna Tagracocha, sobreyacen de forma discordante angular respecto a las intercalaciones volcánicas Milliscocha (Figura 5.37)

Litofacies: Afloramiento masivo.

Componentes: Fragmentos de cristales de plagioclasa. Contiene fragmentos líticos volcánicos heterogéneos subangulosos, variando en los diferentes niveles pero en poca cantidad.

Tamaño de grano: Matriz de ceniza fina color gris oscura a rojiza.

Espesor del afloramiento: Los espesores son de 100 m.



Figura 5.37.- Afloramiento en el cerro Millishcocha, en la base (A) intercalaciones de rocas volcanoclásticas y volcánicas, en los niveles superiores en discordanancia angular (B) afloramientos masivos de toba de cristales.

- **Toba de cristales Carpo Alto**

Los afloramientos se ubican cerca al cerro Millishcocha, se extienden hasta el cerro Conocancha, sobreyaciendo a todas las rocas intrusivas que se encuentran en este sector (Mapa N° 5.4).

Litofacies: Afloramientos de formas masivas pero en algunos sectores se observan capas (cerro Carpo Alto) con buzamiento 20° al noroeste y en el cerro Conocancha el buzamiento es 5° al noreste (figura 5.38).

Componentes: Fragmentos de cristales de cuarzo y plagioclasa, pómez blanca alargada y fragmentos líticos volcánicos heterogéneos, predominan los líticos de color negro y subangulosos.

Tamaño de grano: La matriz es de ceniza fina color gris claro a rojizo.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 150 m.



Figura 5.38.- Afloramiento tabular de toba de cristales en el cerro Carpo Alto.

- **Lavas andesíticas Querococha**

Se encuentra en el sector central este del área de estudio, al sur de la laguna Conococha, a una cota promedio de 4800 msnm. Ocupan un área no mayor a 100 m²

Litofacies: Afloramientos estratificados con capas que presentan buzamiento al este (Figura 5.39).

Textura: Textura afanítica.

Composición: Son rocas de color gris oscuro.

Espesor del afloramiento: Espesor no mayor a 1 m.



Figura 5.39.- Afloramiento en el cerro Querococha, en los niveles inferiores(A) de forma tabular lavas andesíticas las cuales son cubiertas por (B) tobas de cristales.

- **Toba de cristales Minacocha**

Afloramiento ubicado en los cerros Minacocha, sobreyace concordante a lavas Querococha.

Litofacies: Aflora de forma masiva (Figura 5.38).

Componentes: Fragmentos de cristales de plagioclasa y anfíbol.

Tamaño de grano: Matriz es gris clara, textura afírica.

Espesor del afloramiento: Presenta espesor promedio de 150 m.

- **Toba vítrea Cuartel Corral**

Están representados por los afloramientos ubicados en las cotas más altas. Son los depósitos más recientes dentro de esta área, se extienden a lo largo de una franja alargada sureste- noroeste, en los cerros Cuartel Corral.

Litofacies: Afloramientos masivos, en algunas zonas presentan capas con buzamientos al sureste y noreste.

Componentes: Pómez y ceniza, las pómez son blancas alargadas y fragmentos de cristales de plagioclasa, cuarzo y anfíbol. También presentan fragmentos líticos (Figura 5.39).

Tamaño de grano: Matriz de ceniza fina gris blanquecina.

Espesor del afloramiento: El espesor promedio es de 150 m.

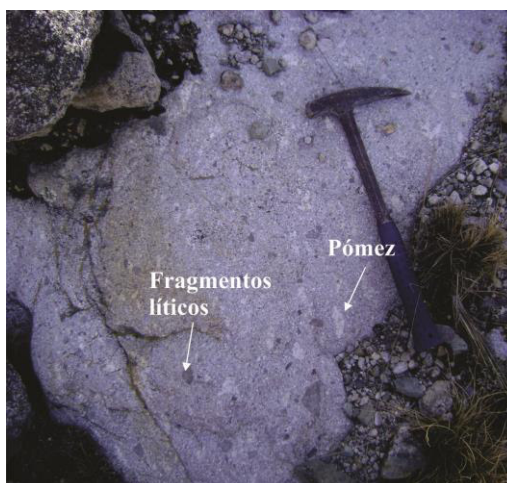


Figura 5.40.-Roca de toba vítrea en Cuartel Corral.

COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA EN LA ZONA 3: OCROS - CORPANQUI

E - E': Ocos - Corpanqui

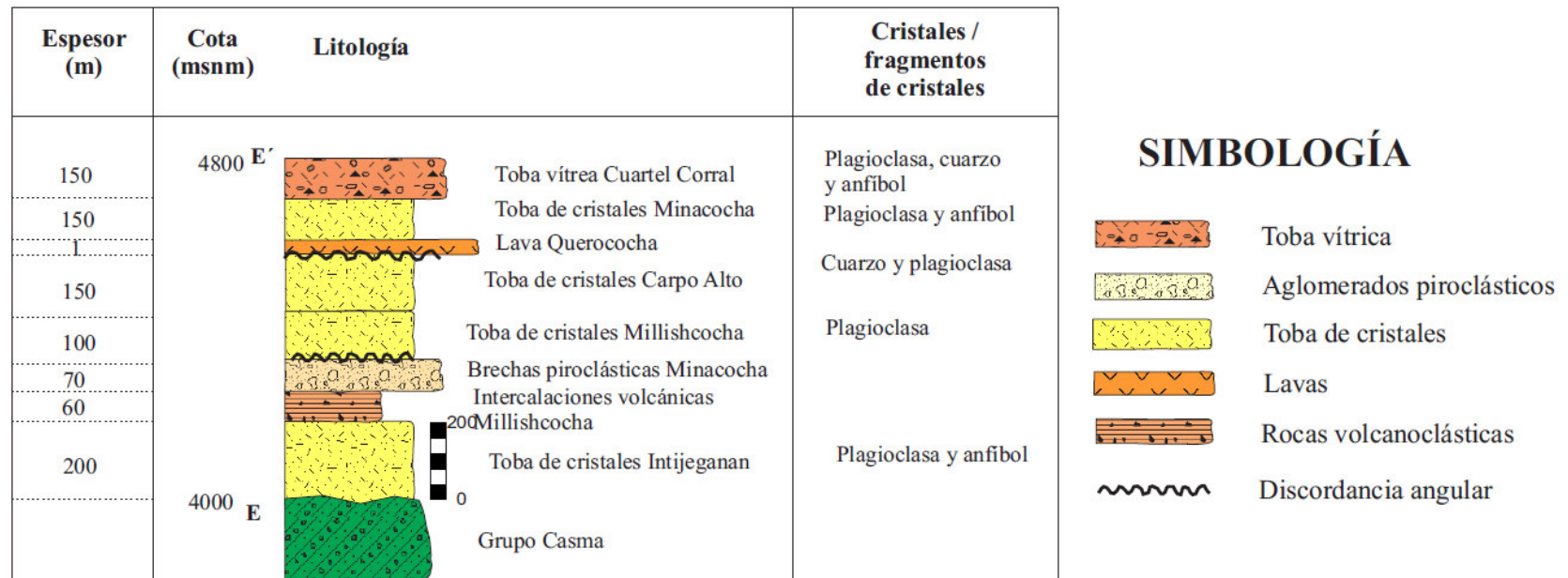


Figura 5.41.- Columna estratigráfica en la zona 3: Ocos – Corpanqui. En la dirección E – E'.

DOMOS

- **Domos andesíticos**

Los afloramientos se ubican en los cerros Cuartel Corral (Figura 5.42), Verde Cochapunta y Minacocha

Litofacies: Se encuentran en formas de puntas sobresalientes en el terreno.

Textura: Textura porfírica.

Composición: Los domos guardan en relación el color de la matriz, variando de color verde a verde oscura. Presentan fenocristales de plagioclasa y anfíbol.

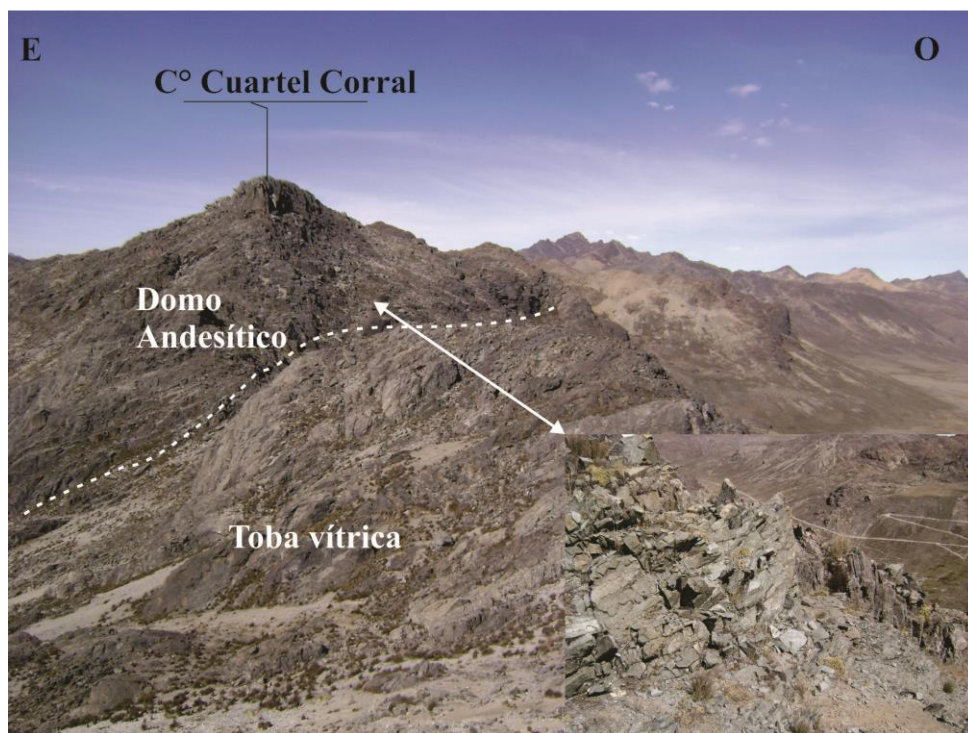


Figura 5.42.- Vista al cerro Cuartel Corral donde aflora el domo andesítico cortando secuencias de tobas vítreas.

5.3.2 ROCAS INTRUSIVAS

- **Intrusivo Cuarzodiorita Ocros**

Aflora al noreste y este de Ocros, corta a las primeras secuencias de rocas volcánicas.

La roca presenta color mesócrata, textura fanerítica, granos inequigranulares, isótropo, los minerales formadores de rocas que predominan son la plagioclasa y cuarzo, entre los minerales máficos se encuentra el anfíbol y biotita (Figura 5.43A).

- **Roca hipabisal granito Quinual**

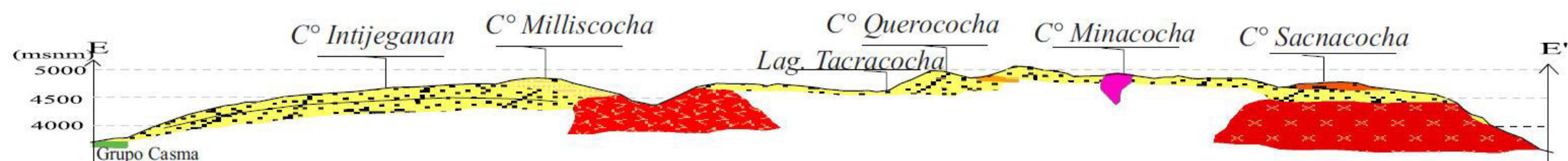
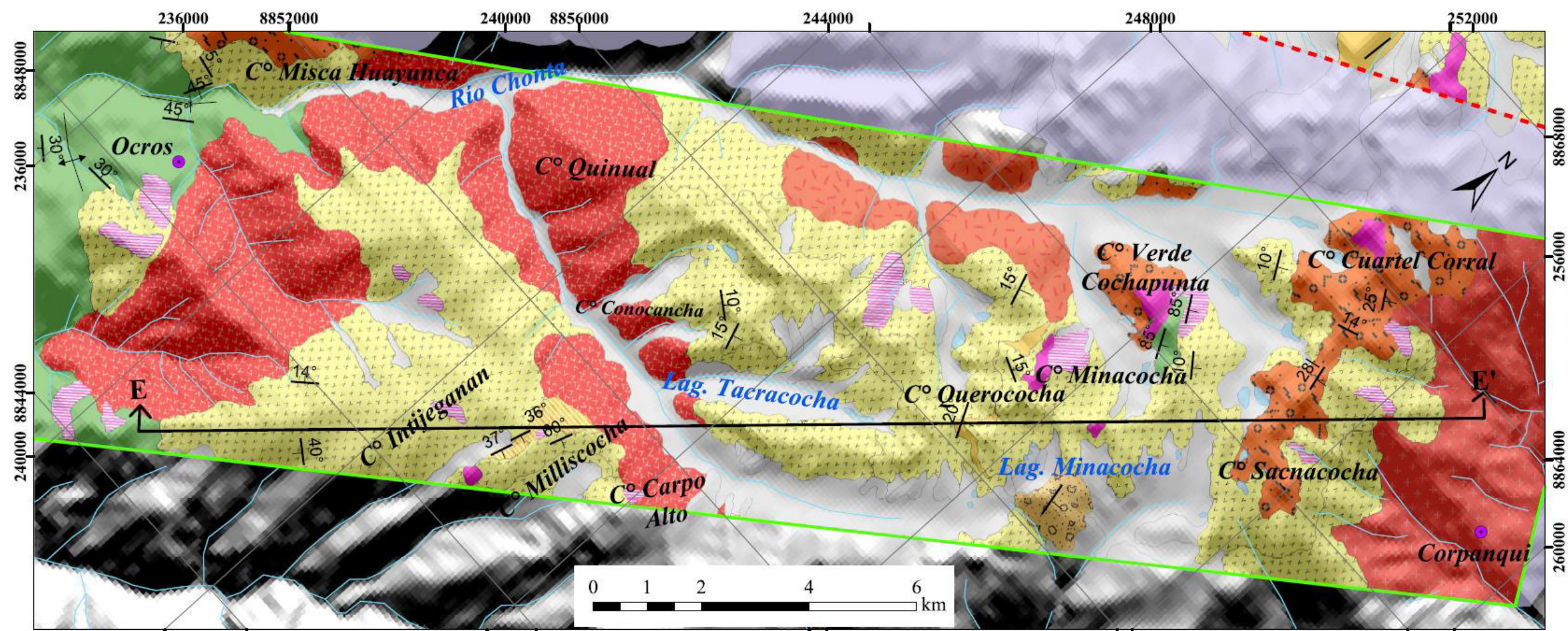
Aflora al noroeste del cerro Quinual y en los flancos laterales del río Chonta, corta las secuencias volcánicas que se encuentran en la base. La roca más representativa corresponde a la que se encuentra en el río Chonta, presenta una textura porfírica, leucócrata, inequigranular, isótropa, presenta cristales de cuarzo, ortosa y plagioclasa, entre los máficos resaltan fenocristales de biotita y otros cristales de anfíbol (Figura 5.43C).

- **Intrusivo Cuarzomonzodiorita Corpanqui**

Aflora a los alrededores de la localidad de Corpanqui, es una roca leucócrata, textura fanerítica, inequigranular, isótropa, presenta los granos no bien desarrollados, predominan cristales de plagioclasa y cuarzo, entre los minerales máficos se encuentran anfíbol y biotita (Figura 5.43C).



Figura 5.43.- Afloramiento de rocas intrusivas en la zona (A) Cuarzodiorita ubicada entre Ocos y cerro Intijeganan, (B) Roca hipabisal granito ubicado en la quebrada Chonta y (C) Cuarzomonzodiorita ubicada en la localidad de Corpanqui.



SIMBOLOGÍA			
	Lava		Alteración hidrotermal
	Brecha piroclástica		Domo andesítico
	Toba de cristales		Intrusivo monzodiorita
	Toba vítrea		Intrusivo cuarzomonzodiorita
	Intercalaciones volcanosedimentarias		Roca hipabisal granito
	Grupo Casma y Grupo Goyllarisquizga		

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS Facultad de Ing. Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
MAPA Y SECCIÓN GEOLÓGICA ZONA 3		
Autor:	Bach. Diana Pajuelo Aparicio	
Escala:	1 : 75,000	Fecha: Junio 2015 MAPA N° : 5.4

5.4 DESCRIPCIÓN DE SECCIONES GEOLÓGICAS

5.4.1 SECCIÓN GEOLÓGICA A - A' / B - B'

Esta sección geológica se encuentra ubicada en la zona 1, tiene una orientación SO – NE y NO – SE, con una longitud aproximada de 20 km. Comienza al sur del poblado de Pacar, se prolonga hasta la quebrada Lliuyac Cruz, en esta quebrada toma una vista al NE, hasta llegar al río Santa (Mapa N° 5.2).

Las rocas más antiguas son representadas por la Formación Chimú y Carhuaz ubicadas al este del cerro Picuypunta y del río Santa. Sobreyacen en discordancia angular tobas de cristales, en la localidad de Marca aflora roca intrusiva tonalita que corta las secuencias de tobas de cristales. En el cerro Icchicarhuacpunta, las secuencias son tabulares y de gran espesor, afloran en mayor proporción aglomerados piroclásticos y tobas de cristales con mayor componente en minerales de cuarzo. Al este, sobreyacen secuencias tabulares de espesores finos como tobas líticas, lavas, aglomerados piroclásticos y brechas piroclásticas, del mismo modo sobreyacen secuencias finas de tobas líticas cuyas capas varían en ángulo de buzamiento conforme se continúa al este, los ángulos son de hasta 85°, en el cerro Picuypunta afloran secuencias plegadas de tobas de cristales donde predominan cristales de cuarzo. Estas secuencias afloran sobre tobas de cristales que se prolongan hasta el río Santa. Las tobas de cristales en el río Santa se encuentran sobre rocas de arenisca cuarzosa de la Formación Chimú.

5.4.2 SECCIÓN GEOLÓGICA C - C' / D - D'

Se encuentra ubicada en la zona 2, tiene una orientación SO – NE y NO – SE, con una longitud aproximada de 35 km. El corte se inicia al norte del centro poblado de Congas (Cerro Shoclin), se prolonga hasta el cerro Mina Punta, luego el corte se dirige al cerro Ñupo (Mapa N° 5.3).

Las rocas más antiguas son representadas al oeste por el Grupo Casma y al este por la Formación Chimú. En el cerro Shoclin, las tobas líticas sobreyacen al Grupo Casma, luego se extienden tobas de cristales con capas de gran espesor hasta la quebrada Mayocancha, en las puntas de los cerros afloran tobas vítreas de forma discordante como en el cerro Jachipunta. En la quebrada Mayocancha afloran brechas piroclásticas, cuyo buzamiento se mantiene constante al noreste, sin embargo, cerca de la quebrada Lacmacha varían entre noreste y suroeste. En el cerro Mina Punta, afloran aglomerados piroclásticos, los cuales se encuentran plegados y llegan a presentar ángulos de hasta 85°. Los aglomerados piroclásticos se encuentran cortados por roca intrusiva cuarzomonzodiorita. En la quebrada Tuco Ragra, cerca de los depósitos fluvio-glaciares en Pampa de Lampas, afloran lavas andesíticas.

Entre la Pampa de Lampas y el cerro Ñupo, el buzamiento de las capas volcánicas varía entre oeste y este, se encuentran ligeramente plegadas. En el cerro Ñupo las secuencias más antiguas son representadas por la Formación Chimú, las cuales se encuentran fuertemente plegadas, sobreyacen en discordancia angular secuencias tabulares delgadas de rocas volcanosedimentarias, encima de estas secuencias se encuentran aglomerados piroclásticos y tobas de cristales.

5.4.3 SECCIÓN GEOLÓGICA E - E'

Se encuentra ubicada en la zona 3, tiene una orientación SO – NE, con una longitud aproximada de 26km. Comienza al sur del centro poblado de Congas, se prolonga hasta el cerro Sacnacocho (Mapa N° 5.4).

Las rocas más antiguas son representadas por el Grupo Casma, ubicadas al oeste. Sobreyacen en discordancia angular tobas de cristales en capas de gran espesor, estas rocas son cortadas por rocas

intrusivas monzodioritas, sobreyacen secuencias volcanosedimentarias ubicadas en el cerro Milliscocha y tobas de cristales cerca de la laguna Tacracocha. En el cerro Querococha afloran con buzamiento al noreste. En el cerro Minacocha, se encuentran tobas de cristales en espesores finos tabulares cortados por domos andesíticos, como parte de un evento final se encuentran tobas vítreas ubicadas en el cerro Sacnacocha. Las secuencias volcánicas mencionadas anteriormente, sobreyacen a la roca intrusiva cuarzomonzodiorita de Corpanqui.

5.5 CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA

La elaboración de columnas litoestratigráficas ayuda a identificar los miembros litológicos y observar su relación con otras zonas, en este caso se comparan 3 zonas: 1, 2 y 3, anteriormente descritas, se encuentran distanciadas entre 15 a 20 km (Mapa 5.5).

Los miembros litológicos descritos y ubicados en las tres zonas presentan relación espacial mediante la prolongación del rumbo de las capas, estos fueron identificados en la etapa de campo y complementados durante el gabinete.

Los cortes geológicos representan la dirección de elaboración de las columnas estratigráficas. Primero se comparan los cortes realizados dentro de las zonas 1 y 2: A-A' - B-B' y C-C' - D-D'. Luego, se procede a comparar los cortes A-A' - C-C' y E-E', ubicados en las zonas 1, 2 y 3, debido que las capas se presentan un rumbo noroeste sureste uniendo de esta manera las 3 zonas descritas.

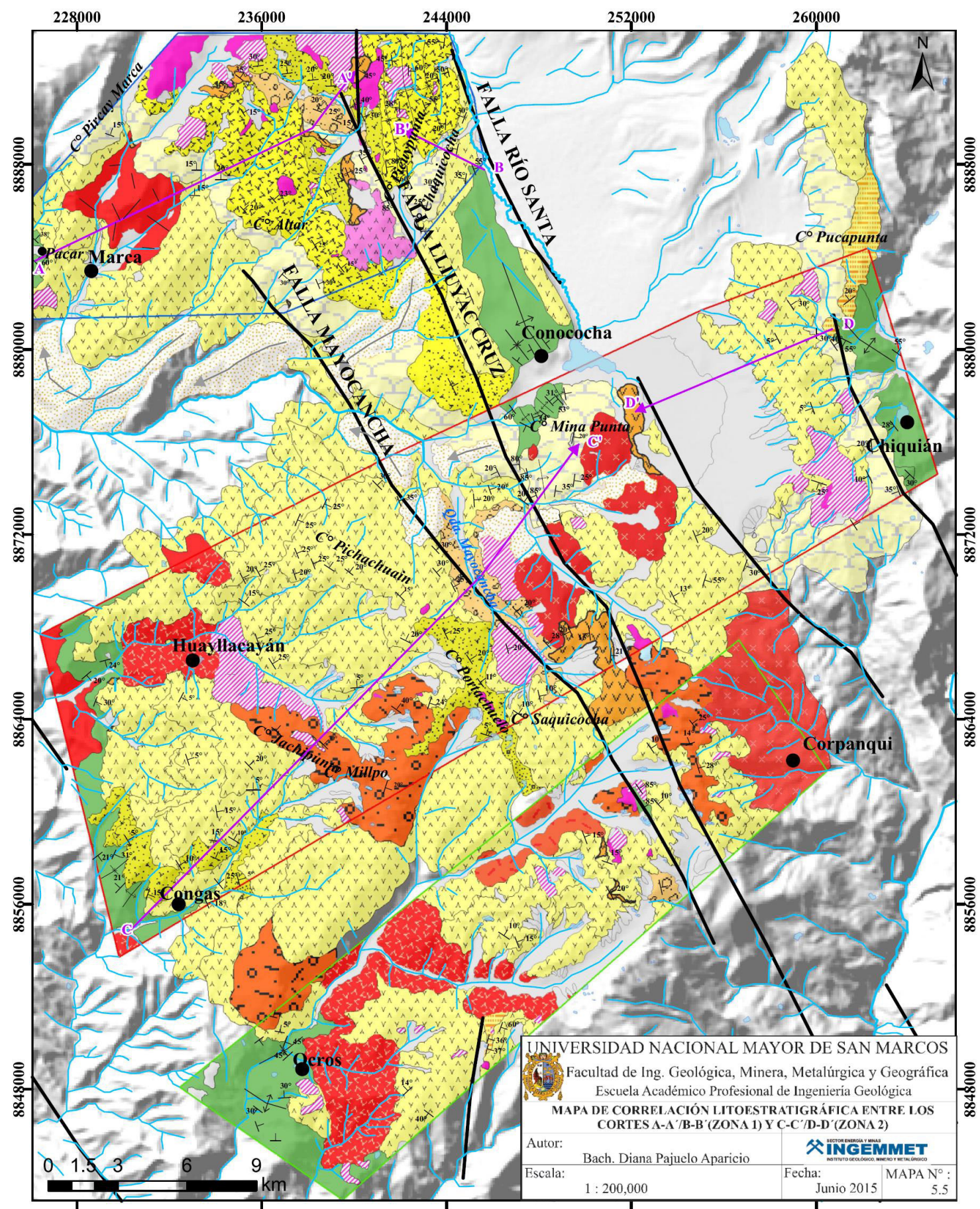
5.5.1 CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA ENTRE LOS CORTES A-A' / B-B' (ZONA 1) Y C-C'/D-D' (ZONA 2)

En la zona 1, la correlación entre las columnas litoestratigráficas A-A' y B-B', no se aprecia la continuidad entre las capas, sin embargo, presentan algunos miembros con similitud litológica. Este es el caso de las intercalaciones entre aglomerados y tobas de cristales ubicados en el cerro Pircay y Chaquicocha, coinciden con los componentes de fragmentos de cristales, como plagioclasa, anfíbol y cuarzo. Estas características las conservan también el miembro de aglomerados y tobas de cristales ubicados en el cerro Chaquicocha. De la misma manera, se encuentra el caso de las tobas de cristales ricas en cuarzo en el cerro Altar y Picuypunta, ambos miembros presentan abundantes cristales de cuarzo, sin embargo en el caso de Altar la matriz de ceniza en las tobas son menos soldadas que en el cerro Picuypunta.

En la zona 2, la correlación entre las unidades litoestratigráficas C - C' y D - D', no presentan continuidad de capas en el campo, sin embargo las características litológicas entre el miembro de brechas y aglomerados piroclásticos ubicados en la quebrada Mayocancha y las intercalaciones entre aglomerados piroclásticos y tobas de cristales presentan características litológicas similares. Del mismo modo, los miembros de tobas de cristales de Saquicocha y Pucapunta presentan similitud en los cristales o fragmentos de cristales de plagioclasa, anfíbol y cuarzo, por lo cual se puede correlacionar (Mapa N° 5.5).

Cabe resaltar que el miembro de volcanosedimentarios rojizos ubicados en Chiquián y Pacar, si bien se encuentran alejados, presenta características litológicas similares y se encuentran en discordancia angular en la base del Grupo Calipuy (Figura 5.44).

Las relaciones entre las columnas litoestratigráficas B-B' y D-D' ubicadas en la zona este, se encuentran plegadas y afectadas por fallas regionales, por lo cual es difícil identificar la prolongación del rumbo de las capas. En este caso las columnas litoestratigráficas (A-A', B-B' y C-C') de la zona oeste resultan más adecuadas para comparar y relacionar entre ellas.



SIMBOLOGÍA

Depósitos fluvioglaciares	Intrusivo cuarzodiorita	Falla Regional
Tobas (Fm. Fortaleza)	Intrusivo granito	Lagunas
Rocas del Cretácico	Int. cuarzomonzodiorita	Localidades
Toba de cristales	Corpanqui Int. cuarzomonzodiorita	Drenajes
Toba de cristales rico en cuarzo	Mina Punta	Rumbo y buzamiento
Toba litica	Intrusivo Tonalita	Eje anticlinal
Toba vítrea	Otras rocas intrusivas	Eje sinclinal
Lava	Domo andesítico	Dirección Paleoflujo
Aglomerado piroclástico	Domo dacítico	Dirección de corte o columna litoestratigráfica
Brecha piroclástica	Contacto	
Dep. volcanosedimentarios e intercalaciones volcánicas	Zona 1	
Alteración hidrotermal	Zona 2	
	Zona 3	

CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA ENTRE LOS CORTES A-A' / B-B' (ZONA 1) Y C-C' / D-D' (ZONA 2)

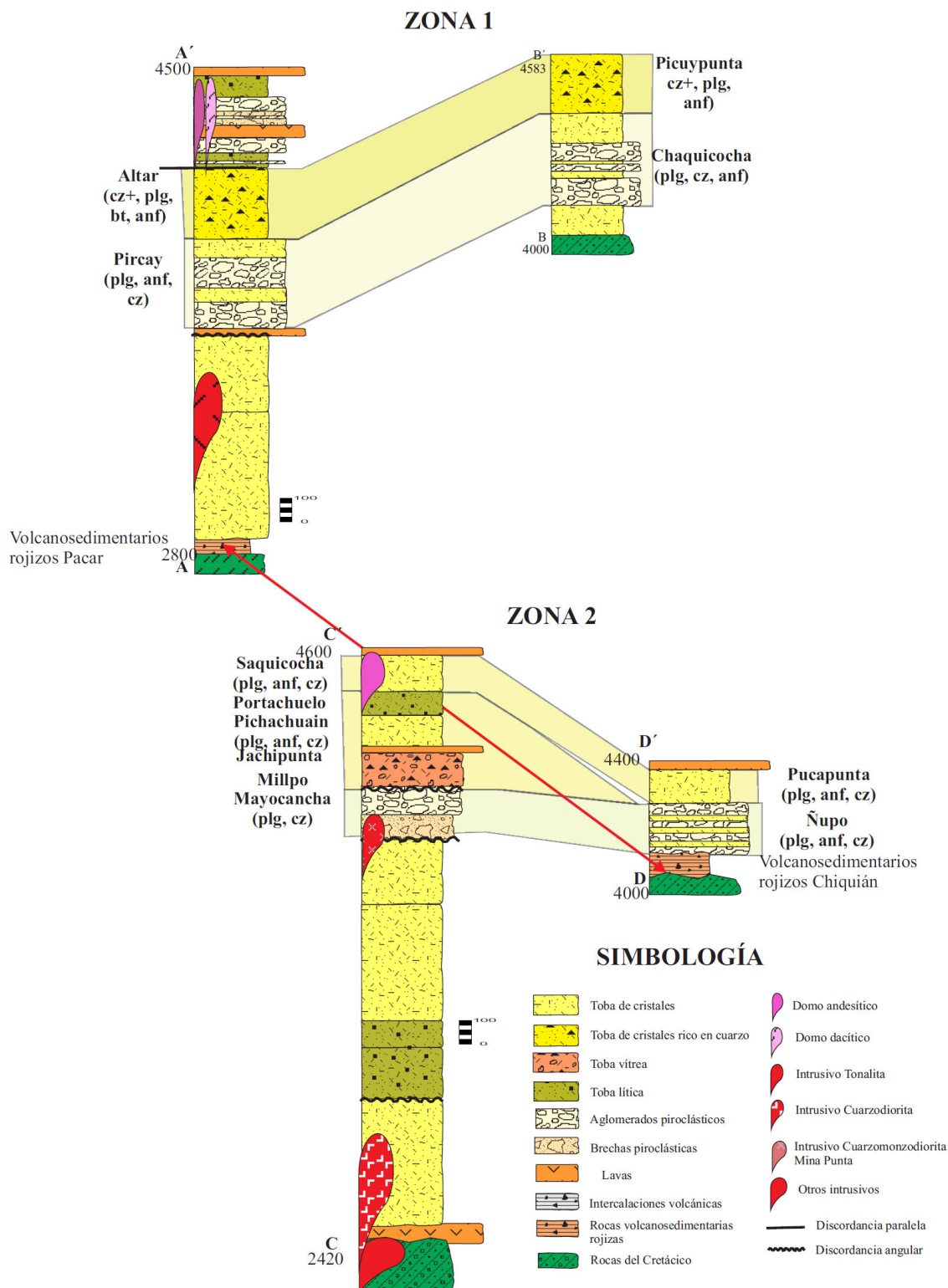


Figura 5.44.- Correlación litoestratigráfica entre los cortes A-A' / B-B' (Zona 1) y C-C' / D-D' (Zona 2).

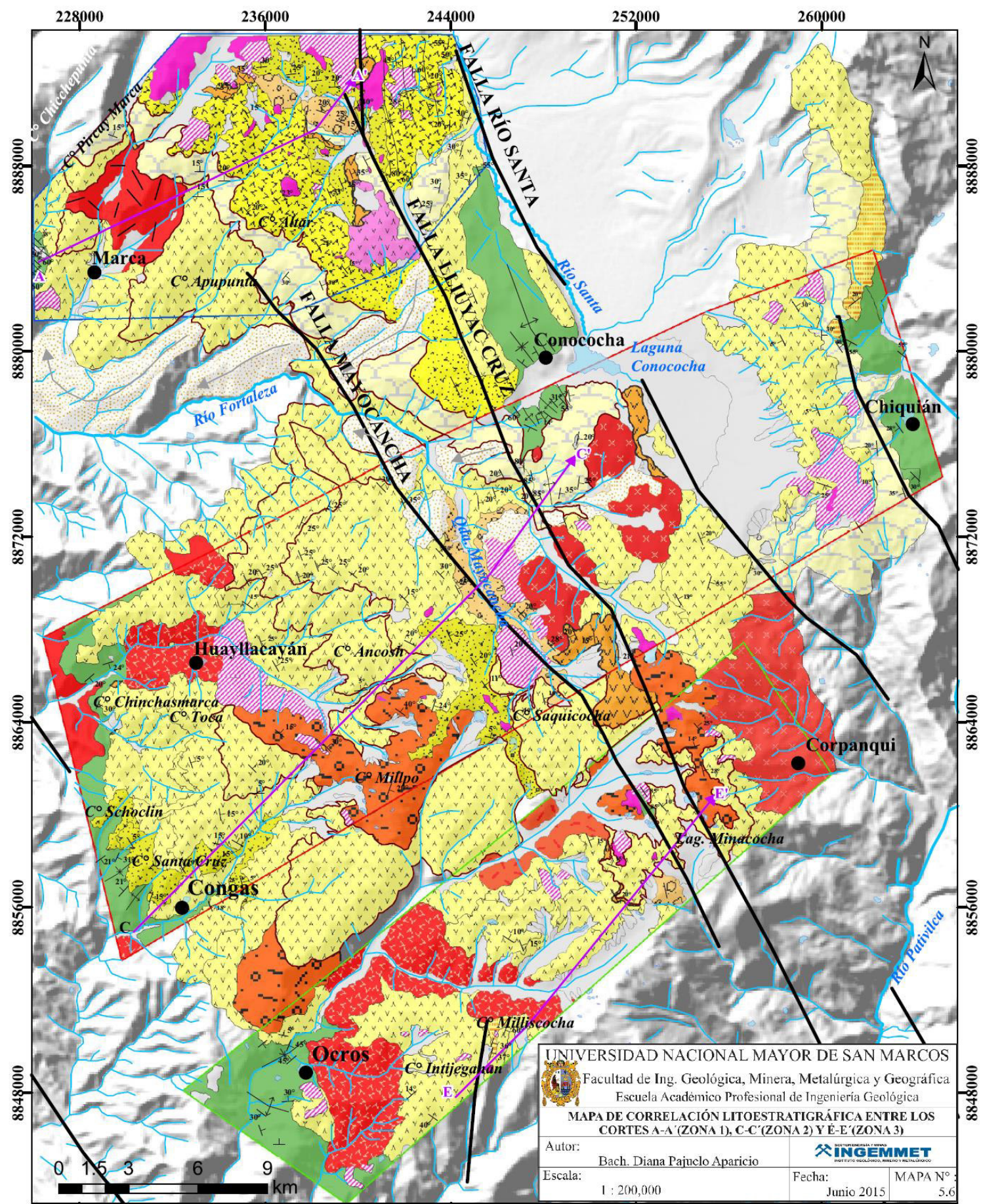
5.5.2 CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA ENTRE LOS CORTES A-A' (ZONA 1), C-C' (ZONA 2) Y E-E' (ZONA 3)

Entre las zonas 1, 2 y 3, existen algunos casos donde se pueden prolongar el rumbo de las capas, esto se observa e identifica sobretodos entre los niveles basales de la zona 1 y 2, y en los últimos miembros entre las zonas 2 y 3 (Mapa N° 5.6).

Tal es el caso, entre la prolongación de capas entre los miembros de tobas de cristales ubicados en el cerro Apupunta y Ancosh, en ambos casos se identifican componentes de cristales de plagioclasa y cuarzo, en ambos casos son cortados por rocas intrusivas.

En el caso de las intercalaciones de aglomerados y tobas de cristales de Pircay, la prolongación del rumbo de las capas (NO-SE) se prolonga hasta alcanzar las intercalaciones entre aglomerados y brechas piroclásticas de Mayocancha. En las lagunas Minacocha también existe un miembro de brechas piroclásticas que se podría relacionar con los miembros de Pircay y Mayocancha. Sin embargo, estas secuencias son cubiertas por rocas volcánicas más jóvenes (Mapa N° 5.6).

Entre las rocas volcánicas más recientes se encuentra el miembro de tobas de cristales Saquicocha y se relaciona con las tobas de cristales ubicados en Minacocha, ambas presentan componentes de cristales de plagioclasa y anfíbol, además ambos se encuentran cortados por domos andesíticos. En los otros casos, el volumen y prolongación de los miembros litológicos varía lateralmente, siendo de menor espesor en las ubicaciones de los cortes B-B' y C-C' (Figura 5.45).



SIMBOLOGÍA

Depósitos fluvioglaciares	Intrusivo cuarzodiorita	Falla Regional
Tobas (Fm. Fortaleza)	Intrusivo granito	Lagunas
Rocas del Cretácico	Int. cuarzomonzodiorita	Localidades
Toba de cristales	Corpanqui	Drenajes
Toba de cristales rico en cuarzo	Int. cuarzomonzodiorita	Rumbo y buzamiento
Toba litica	Mina Punta	Eje anticlinal
Toba vítrea	Intrusivo Tonalita	Eje sinclinal
Lava	Otras rocas intrusivas	Dirección Paleoflujo
Aglomerado piroclástico	Domo andesítico	Dirección de corte o columna litoestratigráfica
Brecha piroclástica	Domo dacítico	Correlación entre miembros
Dep. volcanosedimentarios e intercalaciones volcánicas	Contacto	
Alteración hidrotermal	Zona 1	
	Zona 2	
	Zona 3	

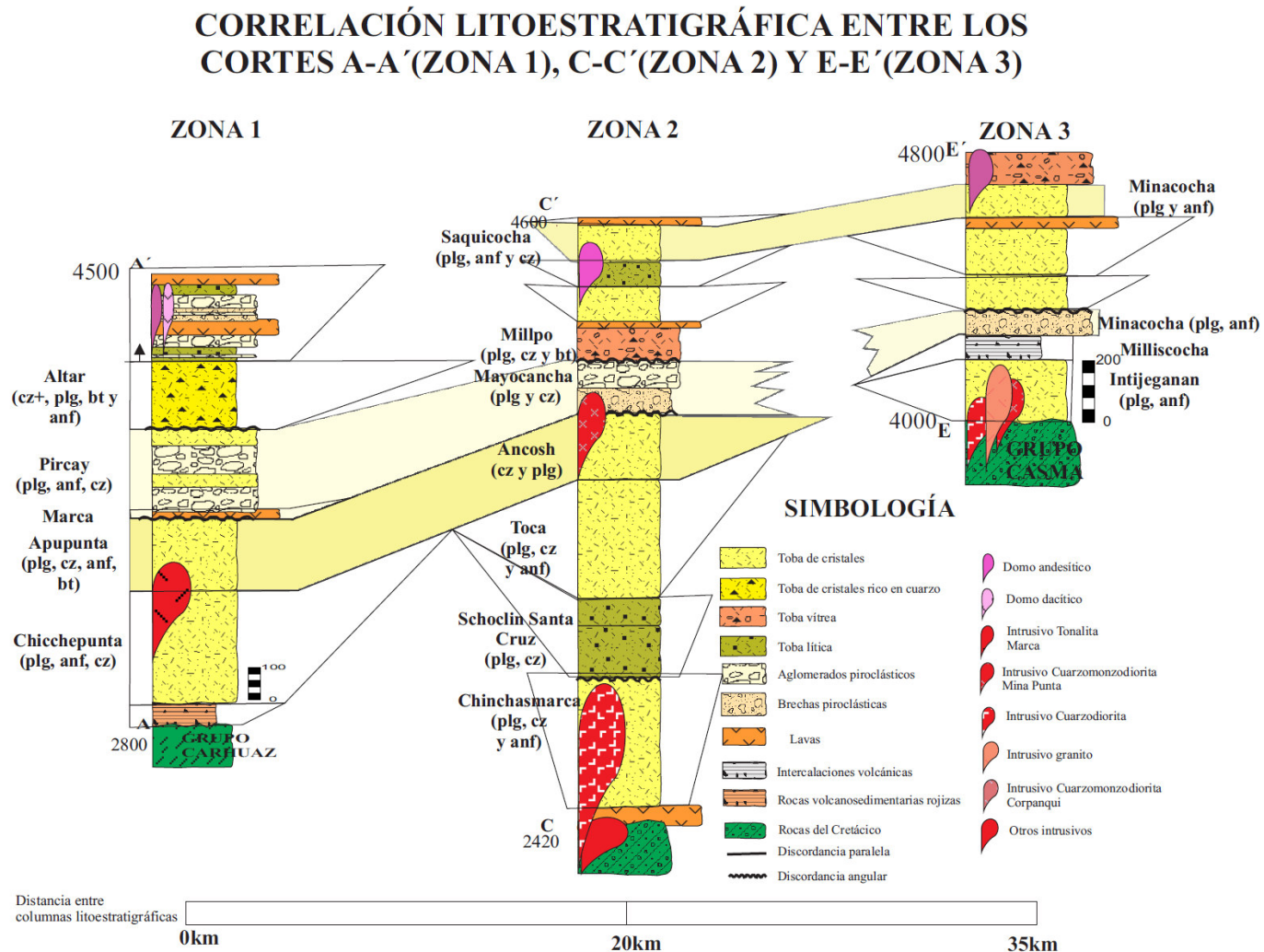


Figura 5.45.- Correlación litoestratigráfica entre los cortes A-A' (Zona 1), C-C' (Zona 2) y E-E' (Zona 3).

5.5.3 IDENTIFICACIÓN DE FORMACIONES ENTRE LOS CORTES A-A' (ZONA 1), C-C' (ZONA 2) Y E-E' (ZONA 3)

Los miembros anteriormente mencionados, se pueden relacionar y agrupar según sus características estratigráficas y discordancias angulares. En el caso de los miembros volcanosedimentarios rojizos de Pacar y Chiquián, no guardan características litológicas similares a los de otros miembros por lo que se considera una formación diferente y en su lugar se sugiere podría estar relacionado a las formaciones Casapalca o Huaylas (Ver capítulo IV).

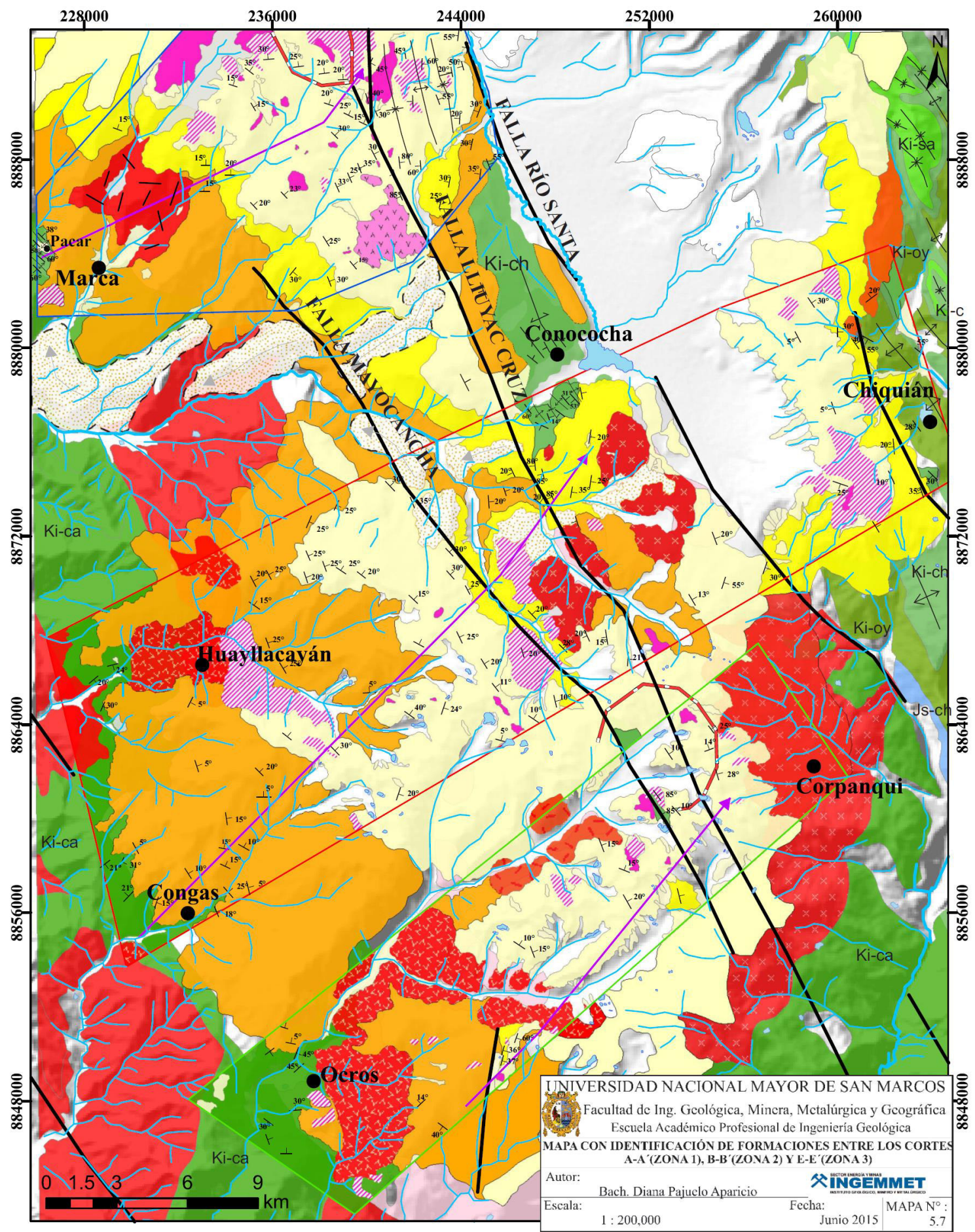
Los demás miembros volcánicos, si bien presentan variaciones litológicas laterales, guardan ciertas características en común. Por ejemplo, los niveles basales se encuentran compuestos por tobas de cristales, se caracterizan por presentarse en formas masivas y son de gran espesor. Sobreyacen tobas de cristales y líticos con estratificación. Los emplazamientos de lavas son pocos. Todos estos miembros se encuentran cortados por rocas intrusivas tonalita, cuarzodiorita y cuarzomonzodiorita. También afloran rocas porfiríticas de granito hipabisal Quinual, en la zona sur del área de estudio. Todos estos miembros se pueden relacionar a una formación denominándola basal, Formación Calipuy inferior o Formación Chicchepunta en referencia al afloramiento representativo cercano a la localidad de Marca (Mapa N° 5.7).

En campo se han identificado miembros de aglomerados y brechas piroclásticas, en algunos casos intercalados con tobas de cristales las cuales sobreyacen en discordancia angular a la Formación Chicchepunta. Durante esta etapa, se caracteriza por colapsos de domos, las brechas simbolizan la cercanía a una fuente de emisión o destrucción del edificio volcánico y las tobas pueden representar a la presencia de volcanes distales.



































En el caso de los miembros de Mayocancha y Minapunta se encuentran alineados por la falla Mayocancha, la cual también saca en afloramiento a rocas sedimentarias de lutitas y calizas. Estos miembros se les pueden relacionar como parte de una Formación denominada media, Formación Calipuy intermedio o Formación Pircay en referencia al afloramiento representativo. Los miembros de esta Formación (Mapa N° 5.7) se encuentra controlada por la falla Mayocancha.

Los miembros volcánicos más recientes se caracterizan por presentar estratificación en capas de fino espesor o pseudotabular. Se encuentran en discordancia angular con la Formación Pircay y pueden presentar intercalaciones volcánicas variadas. En esta Formación se incrementan los emplazamientos de lavas, siendo más fáciles ubicarlas en el campo, se encuentran cercanas a la quebrada Lliuyac Cruz, entre los emplazamientos de domos del cerro Jatunanchachanan. Los miembros volcánicos se encuentran cortados por domos andesíticos y dacíticos. Todos estos miembros se les pueden clasificar como parte de una Formación superior, Formación Calipuy superior o Formación Chururo en referencia a los niveles piroclásticos más altos ubicadas en el área de estudio. En el caso de los miembros litológicos A-A', no se prolongan hasta la ubicación del corte C-C'. Además, identificando la ubicación del emplazamiento de las lavas y domos sugiere la ubicación de un centro emisión, denominándolo Jatunan, por el conjunto de domos y lavas ubicadas cercanas al cerro Jatunanchachanan.

En el caso de las columnas litoestratigráficas C-C' y E-E', se identifican emplazamientos de lavas y domos andesíticos cercanos a la ubicación del cerro Palta Cayan, los miembros de tobas son correlacionables, lo que indicaría la ubicación de un centro de emisión denominándolo Paltacayan (Figura 5.46).



LEYENDA

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS		ROCAS INTRUSIVAS/ VOLCÁNICAS	SIMBOLOGÍA	
CENOZOICO	CUATERNARIO			Depósitos fluvioglaciares		 Falla Regional	
	NEÓGENO	PLIOCENO		Grupo Lloclla		 Lagunas	
		5MA		Fm. Fortaleza	 Domo dacítico	 Localidades	
		MIOCENO	14 - 18ma		Formación Choruro	 Domo andesítico	 Drenajes
					Formación Pircay	 Intrusivo granito	 Rumbo y buzamiento
				Formación Chicchepunta	 Int. cuarzomonzodiorita Corpanqui	 Eje anticlinal	
PALEÓGENO	EOCENO	53Ma			 Int. cuarzomonzodiorita Mina Punta	 Eje sinclinal	
	PALEOCENO			Fm. 0 = Fm. Casapalca = Fm. Huaylas	 Intrusivo cuarzodiorita  Intrusivo Tonalita	 Dirección Paleoflujo	
MESOZOICO	CRETÁCICO	GPO. GOYLLA RISQUIZGA		Gpo. Casma	 Otras rocas intrusivas	 Centro de Emisión	
				Fm. Carhuaz		 Zona 1	
				Fm. Santa		 Zona 2	
				Fm. Chimú		 Zona 3	
				Fm. Oyón			
	JURÁSICO			Fm Chicama			

IDENTIFICACIÓN DE FORMACIONES ENTRE LOS CORTES A-A' (ZONA 1), C-C' (ZONA 2) Y E-E' (ZONA 3)

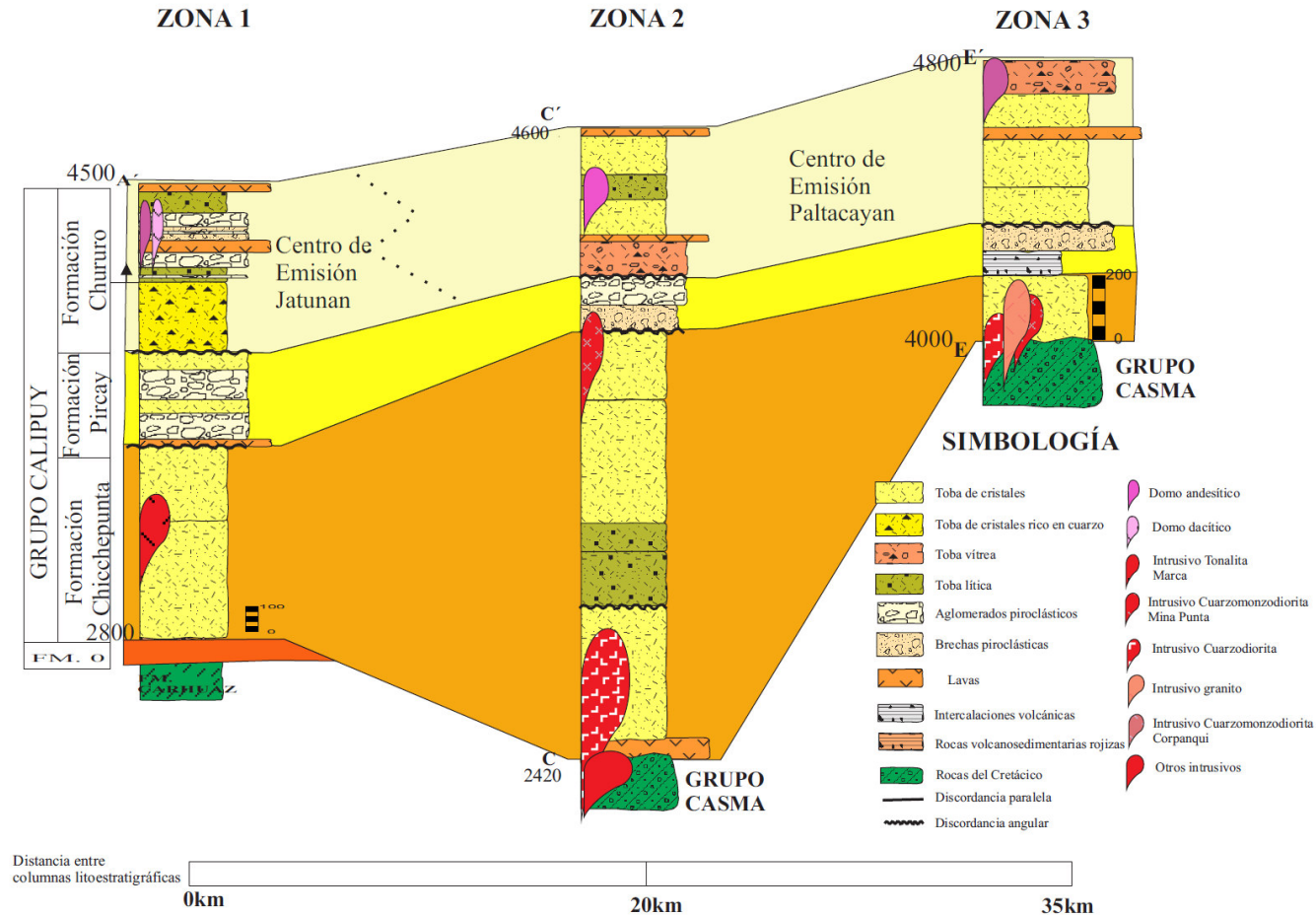


Figura 5.46.- Identificación de formaciones entre los cortes A-A' (Zona 1), C-C' (Zona 2) y E-E' (Zona 3).

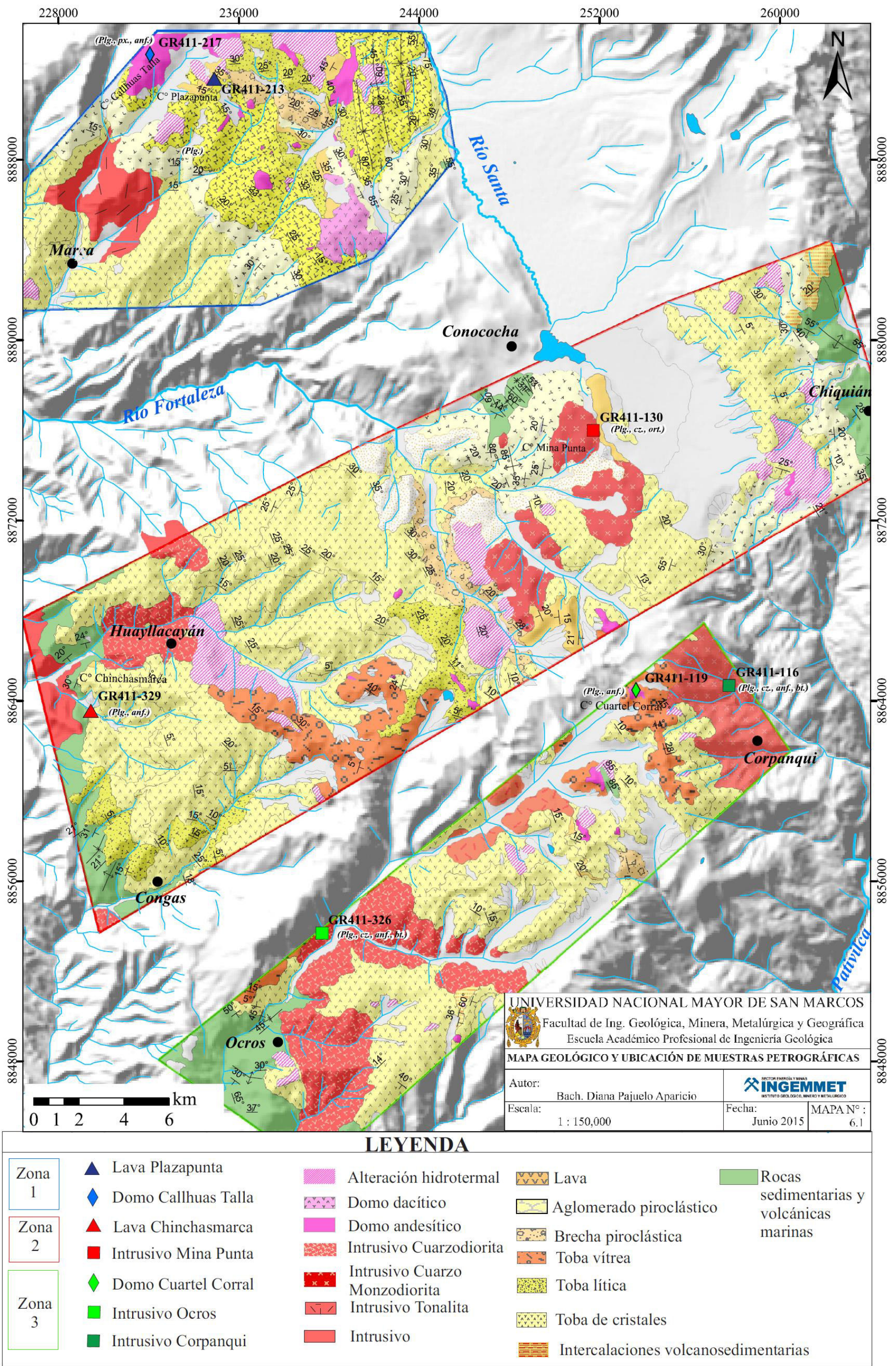
CAPÍTULO VI

CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS MICROSCÓPICAS Y GEOQUÍMICAS DE ROCAS IGNEAS

El área de estudio se subdivide en tres zonas que presentan rocas volcánicas con emplazamientos de lavas, domos y rocas intrusivas. Las muestras obtenidas en las tres zonas ayudaron en el estudio microscópico y análisis geoquímico. Las muestras para análisis microscópico tienen como objetivo mostrar en detalle las características de las rocas volcánicas e intrusivas, las muestras para análisis químico tiene como objetivo determinar el origen y evolución de los sistemas magmáticos por lo cual es necesario que las rocas tomadas como muestras no presenten ningún tipo de alteración hidrotermal para que los resultados no presenten ningún tipo de variación.

6.1 CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS MICROSCÓPICAS

Para el siguiente análisis se tomaron muestras representativas de los afloramientos originados por los emplazamientos de lavas, domos y rocas intrusivas. El análisis de las características de los minerales en la zona 1 se realiza en los emplazamientos de lava (GR411-213) Plazapunta y domo (GR411-217) Callhuas Talla. De la misma forma en la zona 2, se analizan las características del emplazamiento de lava (GR411-329) Chinchasmarcha y la roca intrusiva (GR411-130) Mina Punta. En la zona 3, se analiza el emplazamiento de domo (GR411-119) ubicado en el cerro Cuartel Corral y se comparan las rocas intrusivas ubicadas en Ocros (GR411-326) y Corpanqui (GR411-116) (Mapa N° 6.1).



6.1.1 ZONA 1: Marca - Río Santa

Las muestras recolectadas se ubican a 4200msnm dentro de la zona 1, cerca al río Santa (Mapa N° 6.1). Se tomaron dos muestras representativas en las rocas que corresponden a lava (GR4-11-213) y domo (GR4-11-217). La composición mineralógica de las rocas volcánicas en la descripción macroscópica presenta plagioclasa y piroxenos (Capítulo V), además de presentar susceptibilidad magnética.

A) Código de muestra: GR4-11-213

Litología: Lava Andesítica Plazapunta

Textura: Microporfídica y glomeroporfídica entre plagioclasa y piroxeno (Fotomicrografía 6.1).

Composición mineralógica

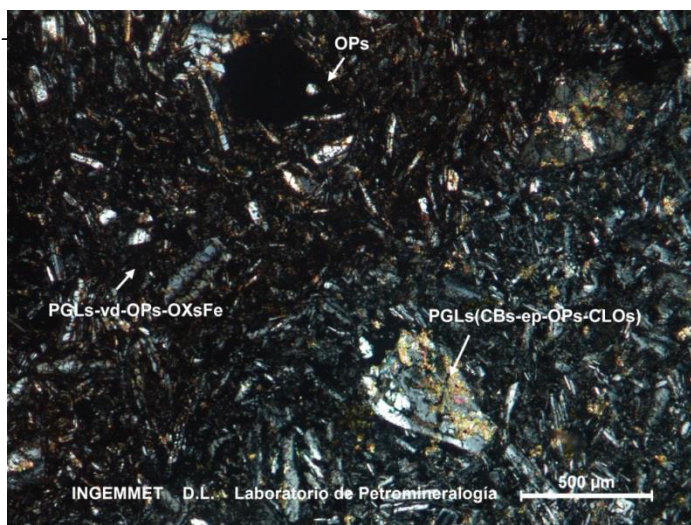
Fenocristales: *Plagioclasas*, cristales subhedrales prismáticos maclados, tamaños de 0.5 a 1.2 mm., microfracturados. Presentan macla de baveno.

Microcristales: *Plagioclasas*, miden menos de 0.5 mm., formas tabulares y maclados. *Vidrio*, ocurre entre los intersticios de plagioclasas.

Alteraciones: Plagioclasas alteradas a *carbonatos*, *minerales opacos*, *cloritas*, *óxidos de hierro*, *arcillas* y *epidota*. Vidrio alterado a arcillas. Moldes de ferromagnesianos reemplazados por cloritas y carbonatos.

Fotomicrografía 6.1: Muestra N° GR4-11-213 en NXs.

Fenocristales de plagioclasas en matriz con microcristales de plagioclasas, vidrio y minerales opacos. Las plagioclasas son alteradas a carbonatos, epidota, minerales opacos y cloritas: PGLs (CBs-ep-OPs-CLOs), un sector presenta una mayor alteración de los minerales opacos (OPs) a óxidos de hierro: PGLs-vd-OPs-OXsFe.



B) Código de muestra: GR4-11-217

Litología: Domo Pórfido Dacítico Callhuas Talla

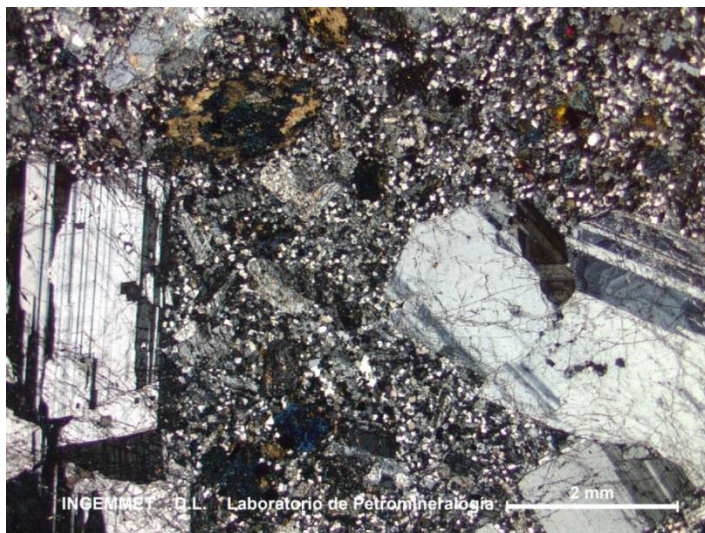
Textura: Porfídica (Fotomicrografía 6.2)

Composición mineralógica

Fenocristales: *Plagioclasas*, fenocristales de formas subhedrales prismáticos maclados, tamaños de 1 a 5mm, zonados y microfracturados, Presenta óxidos de hierro en las microfracturas. *Cuarzo*, ocurre de formas subhedrales, con tamaños entre 0.3 a 0.7mm, presenta bordes de reabsorción.

Microcristales: *Cuarzo*, microcristales de tamaños menores a 0.3 y formas subhedrales y anhedrales, *Plagioclasas*, microcristales de tamaños menor a 0.4 y formas subhedrales tabulares, maclados. *Feldespatos potásicos*, de tamaños menores a 0.2mm y formas anhedrales. *Zircón*, de tamaño menor a 0.1mm, cristales subhedrales prismáticos asociados a clorita.

Alteraciones: Plagioclasas alterados a *sericita-arcillas*, *epidota*, *cloritas*, *carbonatos*, presentan diseminación de minerales opacos, los minerales opacos se alteran a óxidos de hierro y se encuentran en microfracturas de la plagioclasa. Feldespatos potásicos alterados a arcillas y sericita.



Fotomicrografía 6.2: Muestra N° GR4-11-217 en NXs

Fenocristales de plagioclasas en matriz microgranular de cuarzo, plagioclasa y feldespatos potásicos.

6.1.2 ZONA 2: Huayllacayán/Congas – Conococha - Chiquián

En la zona 2 se describen las rocas volcánicas con emplazamiento de lava (GR4-11-329) ubicado en la zona oeste a una cota de 2420msnm y roca intrusiva (GR4-11-130) ubicada al este a una cota de 4280msnm.

A) Código de muestra: GR4-11-329

Litología: Lava Andesítica Chinchasmarcha

Textura: Traquítica inequigranular (Fotomicrografía 6.3).

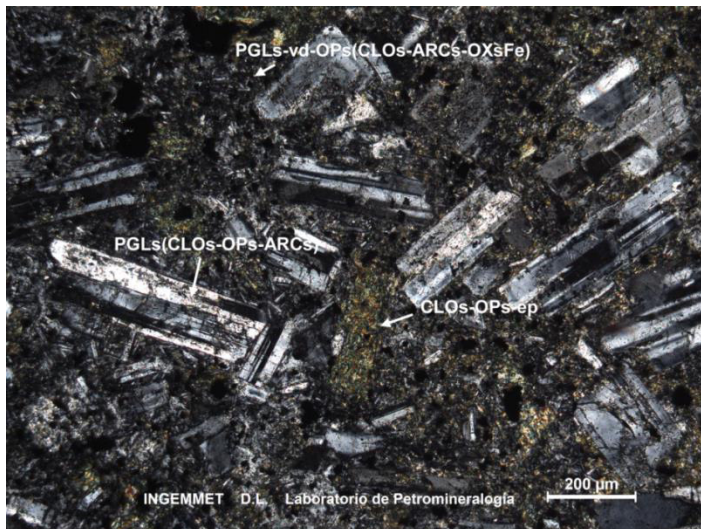
Composición mineralógica

Fenocristales: *Plagioclasas*, cristales de plagioclasas euhedrales a subhedrales, tamaños menores a 1.63 mm., macladas, zonadas y microfracturadas, en algunos casos lo tenemos como remanentes esqueléticos con bordes corroídos y alterados a cloritas y epidota; los cristales de plagioclasas zonadas se encuentran envueltas por clorita a través de los planos de maclas y microfracturas, dejando como evidencia una textura esquelética (Fotomicrografía 6.4).

Anfíboles, cristales subhedrales prismáticos con tamaños menores a 0.28 mm. *Biotita*, es el producto de la alteración de los minerales ferromagnesianos.

Microcristales: *Plagioclasas*, microcristales prismáticos maclados.

Alteración: Plagioclasas alteradas en sus bordes a *cloritas* y *epídotas*, algunos otros se encuentran alterados a *óxidos de hierro*. Biotita se encuentra como la alteración de los ferromagnesianos. *Actinolita*, como producto de alteración de anfíboles, están distribuidas como remanentes de los cristales y también integrando la matriz, en ambos casos presentan hábito fibroso.



Fotomicrografía 6.3: Muestra N° GR4-11-238 en NXs.

Textura traquítica, fenocristales de plagioclasas en matriz microcristalina constituida por plagioclasas, vidrio, minerales opacos alterados por cloritas, arcillas y óxidos de hierro: PGLs-vd-OPs (CLOs-ARCs-OXsFe).

Plagioclasas alteradas en sus bordes a cloritas, minerales opacos y arcillas: PGLs(CLOs-OPs-ARCs), moldes de ferromagnesianos reemplazados por cloritas, minerales opacos y epidota: CLOs-OPs-ep.



Fotomicrografía 6.4: Muestra N° GR4-11-238 en NXs.

Plagioclasa recristalizada, albitización y posterior inclusión de plagioclasas.

B) Código de muestra: GR4-11-130

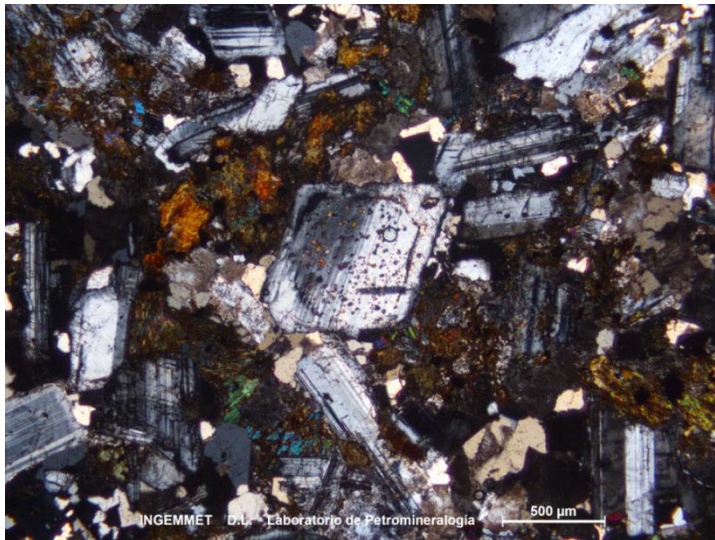
Litología: Intrusivo Cuarzo Monzodiorita Mina Punta

Textura: Hipidiomórfica inequigranular y los cristales de cuarzo forman textura poiquilítica por la inclusión de anfíboles y piroxenos (Fotomicrografía 6.5).

Composición mineralógica

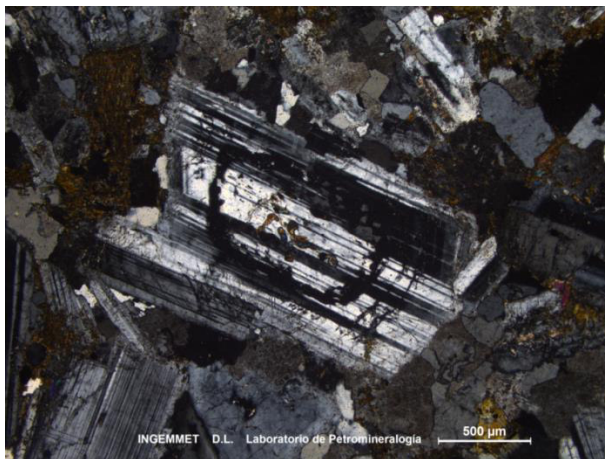
Minerales principales: *Plagioclasas*, se presentan con formas subhedrales y tamaños hasta de 3,85mm, algunos con bordes subredondeados, maclados, zonados (Fotomicrografía 6.6). *Cuarzo*, se observa como cristales de formas anhedrales englobando anfíboles, piroxenos y minerales opacos; *feldespatos potásicos*, cristales con formas anhedrales, presentan inclusiones de plagioclasas. *Anfíboles*, se presentan como inclusiones en plagioclasas, cuarzo y anfíboles; *piroxenos*, se encuentran con formas anhedrales, como inclusiones en cristales de plagioclasas, apatito y minerales opacos.

Minerales secundarios: *Apatito*, cristales prismáticos de tamaños menores a 0,12mm, que se encuentra como inclusión en los anfíboles, feldespato potásico y plagioclasas. *Zircón*, cristales subhedrales prismático de tamaños menores a 0,10 mm.



Fotomicrografía 6.5: Muestra N° GR4-11-130 en NXs

Cristales de plagioclasas alteradas por sericita y con inclusiones de piroxenos, anfíboles y minerales opacos: PGLs (ser-PXs-ANFs-OPs), cuarzo (cz), feldespatos potásicos alterados a arcillas: FPKs(ARCs), anfíboles alterados a cloritas y biotitas: ANFs(CLOs-bt).



Fotomicrografía 6.6: Muestra N° GR4-11-130 en NXs.

Cristal de plagioclasa hipidiomorfa con maclas polisintéticas y zonación, cada intervalo de la zonación presenta alteración a sericita. En el sector medio presenta inclusión piroxenos.

6.1.3 ZONA 3: Ocros – Corpanqui

En la zona 3 se recolectó una muestra volcánica con emplazamiento de domo (GR4-11-119) ubicado a 4820msnm, según la descripción de la muestra de mano se identificó minerales de plagioclasa y anfíbol. Respecto a las muestras de roca intrusiva se recolectaron 3 muestras en el sector suroeste (alrededores de Ocros) y 1 al noreste (alrededores de Corpanqui) (Mapa N° 6.1), para el estudio microscópico se utiliza uno de cada sector.

A) Código de muestra: GR4-11-119

Litología: Domo Cuarzo Andesita Cuartel Corral

Textura: Porfídica (Fotomicrografía 6.7)

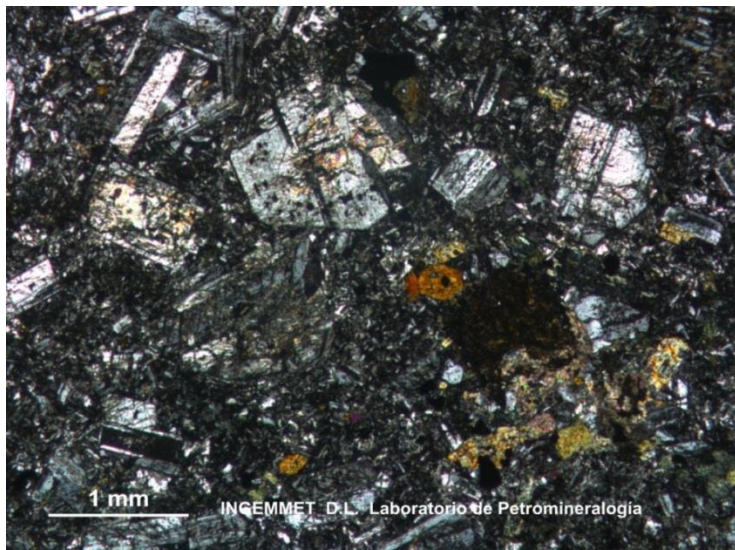
Composición mineralógica

Fenocristales: *Plagioclasas*, fenocristales con formas subhedrales a euhedrales, se encuentran maclados, zonados, con microfracturas algunas rellenas por cloritas y carbonatos. *Cuarzo*, ocurre cuarzo primario en intersticios de la matriz. Presentan inclusiones de plagioclasas y piroxenos.

Piroxenos, fenocristales con formas subhedrales y agregados ocurren parcialmente reemplazados por anfíboles y alterados por cloritas y carbonatos. Presenta microfracturas rellenas por óxidos de hierro y en menor cantidad anfíboles.

Microcristales: *Plagioclasas*, presentan inclusiones de apatito y alterados por arcillas. *Apatito*, Cristales euhedrales se encuentran como inclusiones en plagioclasas, en moldes alterados por cloritas.

Alteración: *Clorita* y *carbonatos* presentes en las fracturas de los cristales de plagioclasa y piroxenos. Sericita por alteración de la plagioclasa (Fotomicrografía 6.8). El apatito se encuentra en moldes alterados por cloritas.



Fotomicrografía 6.7: Muestra N°: GR4-11-119 NXs

Fenocristales de plagioclasas en matriz constituida por plagioclasas, cuarzo, piroxenos, anfíboles, cloritas y carbonatos.



Fotomicrografía 6.8: Muestra N°: GR4-11-119 NX

Fenocristal de plagioclasa alterados por micas-sericita, en matriz traquítica.

B) Código de muestra: GR4-11-326

Litología: Intrusivo Cuarzodiorita Ocos

Textura: Idiomórfica (Fotomicrografía 6.9)

Composición mineralógica

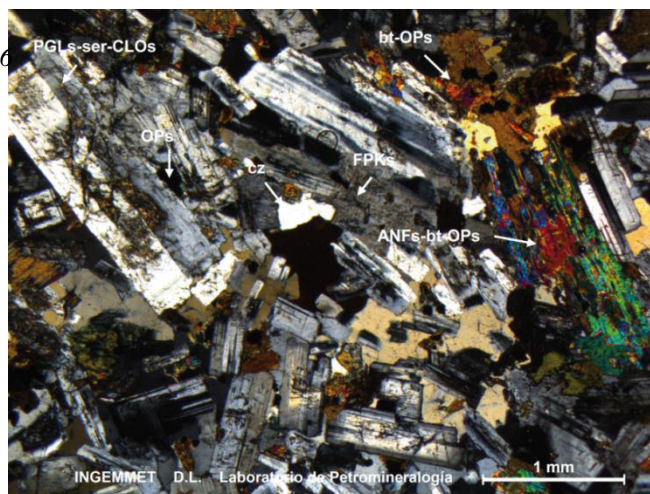
Minerales principales: *Plagioclasas*, cristales subhedrales prismático, maclados y zonados con tamaños menores a 3.6 mm. *Cuarzo*, ocurren de formas anhedralas de tamaños menores a 0.72 mm, se encuentran en los intersticios de los cristales. *Feldespatos potásicos*, cristales anhedralas que presentan tamaños menores a 0.8 mm. *Anfíboles*, cristales subhedrales prismáticos, con tamaños menores 1.6 mm. *Biotita*, cristales subhedrales prismáticos, con tamaños menores a 1.8 mm. Presentan biotitas oxidadas. *Piroxenos*, cristales subhedrales microfracturados. Presenta tamaños menores a 0.6 mm. *Minerales opacos*, cristales subhedrales a anhedralas con tamaños menores a 0.6 mm.

Minerales Secundarios: *Apatito*, cristales euhedrales de sección transversal y cristales subhedrales prismáticos de tamaños menores a 0.1 mm. Se encuentran como inclusión en plagioclasas y cuarzo. *Zircón*, cristales subhedrales prismáticos de tamaños menores a 0.1mm, se encuentran a modo de inclusión en cuarzo.

Otros minerales: Las plagioclasas presentan alteración a *sericita* a partir del núcleo del cristal. Anfíboles alterados parcialmente a *cloritas*, *biotita*, *epidotas*, *carbonatos* y *minerales opacos*. Biotitas alteradas a cloritas a través del clivaje. Piroxenos alterados a anfíboles, biotita y minerales opacos. Minerales opacos como alteración de los ferromagnesianos.

Microfotografía 6.9: Muestra N° GR4-11-326 NXs.

Textura idiomorfa, cristales de plagioclasas alteradas a *sericita* y *cloritas* (PGLs-ser-CLOs), *cuarzo* (cz), *feldespatos potásicos* (FPKs), *anfíboles alterados a biotita* y *minerales opacos* (ANFs-bt-OPs), *biotita alteradas a minerales opacos* (bt-OPs), *minerales opacos* (OPs) diseminados.



C) Código de muestra: GR4-11-116

Litología: Intrusivo Cuarzo Monzodiorita Corpanqui

Textura: Hipidiomórfica (Fotomicrografía 6.10)

Composición mineralógica

Minerales principales: *Plagioclasas*, con formas subhedrales hasta de 5.40 mm, maclados, zonados, con inclusiones de anfíboles y biotita así como inclusiones de apatito. Algunos cristales ocurren albitizados por sus bordes. *Feldespatos potásicos*, cristales subhedrales con tamaño promedio de 3.00 mm, se encuentran con inclusiones de plagioclasas, biotita y apatito. *Cuarzo*, con formas anhedral a subhedrales se encuentran en intersticios. El cuarzo presenta microfracturas rellenas por inclusiones de anfíboles, biotita, plagioclasas y apatito.

Piroxenos, con formas subhedrales y tamaños menores de 0.55 mm están reemplazados por anfíboles en sus bordes y como inclusiones en biotita. *Anfíboles*, cristales con formas anhedral a subhedrales y tamaños menores de 2.80 mm, alterados por cloritas. Reemplazan a cristales de piroxenos. *Biotita*, cristales tabulares con tamaño promedio de 0.80 mm. Presentan inclusiones de zircón. Reemplazan a cristales de anfíboles.

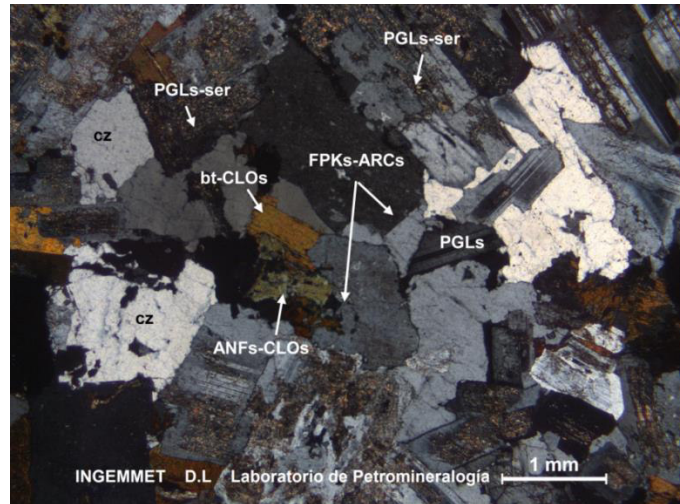
Minerales secundarios: *Apatito*, cristales euhedrales con tamaños hasta de 0.07 mm se encuentran como inclusiones en cuarzo.

Alteración: Feldespatos potásicos alterados por *arcillas*, las microfracturas son rellenas por *carbonatos* y *cloritas*. El cuarzo presenta microfracturas rellenas por carbonatos. Biotitas alteradas por cloritas y epidotas a través de su clivaje.

Clorita, agregados fibrosos alteran a plagioclasas, anfíboles y a biotita a través de su clivaje. Rellenan microfracturas de feldespatos potásicos e intersticios.

Microfotografía 6.10: Muestra N°: GR4-11-116 NXs.

Textura hipidiomorfa con cristales de plagioclasas alterados por sericita (PGLs-ser), feldespatos potásicos alterados a arcillas (FPKs-ARCs), cuarzo (cz), anfíboles alterados a cloritas (ANFs-CLOs) y biotita ligeramente cloritizada (bt-CLOs).



En resumen (Tabla 6.1) las rocas volcánicas de las tres zonas presentan los siguientes minerales:

ZONA	CÓDIGO DE MUESTRA	LITOLOGÍA	FENOCRISTALES	MICROCRISTALES	OTROS
1	GR4-11-213	Lava andesítica Plazapunta	Plagioclasea (10%)	Plagioclasea (40%), vidrio (25%)	Carbonatos, cloritas, arcillas, óxidos de hierro y minerales opacos (20%)
	GR4-11-217	Domo pórfido dacítico Callhuas Talla	Plagioclasea (30%), Cuarzo (5%)	Cuarzo (30%), plagioclasea (20%), feldespato potásico (8%) y zircón (2%)	Sericita, arcillas, epidota, cloritas, carbonatos, óxidos de hierro y minerales opacos (5%)
2	GR4-11-329	Lava andesítica Chinchasmarcha	Plagioclasea (30%), anfíbol (5%)	Plagioclasea (50%)	Clorita, epidotas, óxidos de hierro y actinolita (15%)
3	GR4-11-119	Domo cuarzo andesita Cuartel Corral	Plagioclasea (15%), cuarzo (5%), piroxeno (5%)	Plagioclasea (58%), apatito (2%)	Clorita y carbonatos (15%)

Tabla 6.1.- Resumen del análisis microscópico en rocas volcánicas.

Y en el caso de las rocas intrusivas (Tabla 6.2) presenta las siguientes características:

ZONA	CÓDIGO DE MUESTRA	LITOLOGÍA	PRINCIPAL	SECUNDARIOS	OTROS
2	GR4-11-130	Cuarzo monzodiorita Mina Punta	Plagioclasa (42%) Feldespato potásico (13%) Cuarzo (10%), anfíboles (20%), piroxenos (10%)	Apatito y zircón (5%)	
3	GR4-11-326	Cuarzodiorita Ocos	Plagioclasa (40%) Cuarzo (7%) Feldespato potásico (3%) Anfíboles (20%), biotitas (12%), piroxenos (5%)	Apatito, zircón (2%)	Sericita, clorita, epidotas, carbonatos, minerales opacos (10%)
	GR4-11-116	Cuarzo monzodiorita Corpanqui	Plagioclasas (35%), feldespatos potásicos (15%), cuarzo (10%), biotita (15%), anfíboles (10%) y piroxenos (5%).	Apatito (2%)	Arcillas, carbonatos y cloritas (8%)

Tabla 6.2.- Resumen del análisis microscópico en rocas intrusivas.

6.2 CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS

Se cuentan con 11 resultados de análisis químico para rocas volcánicas e intrusivas, tomado de la base de datos de INGEMMET. El método utilizado en laboratorio fue mediante el análisis ICP-MS (Espectrometría de Masas – Plasma Acoplado por Inducción).

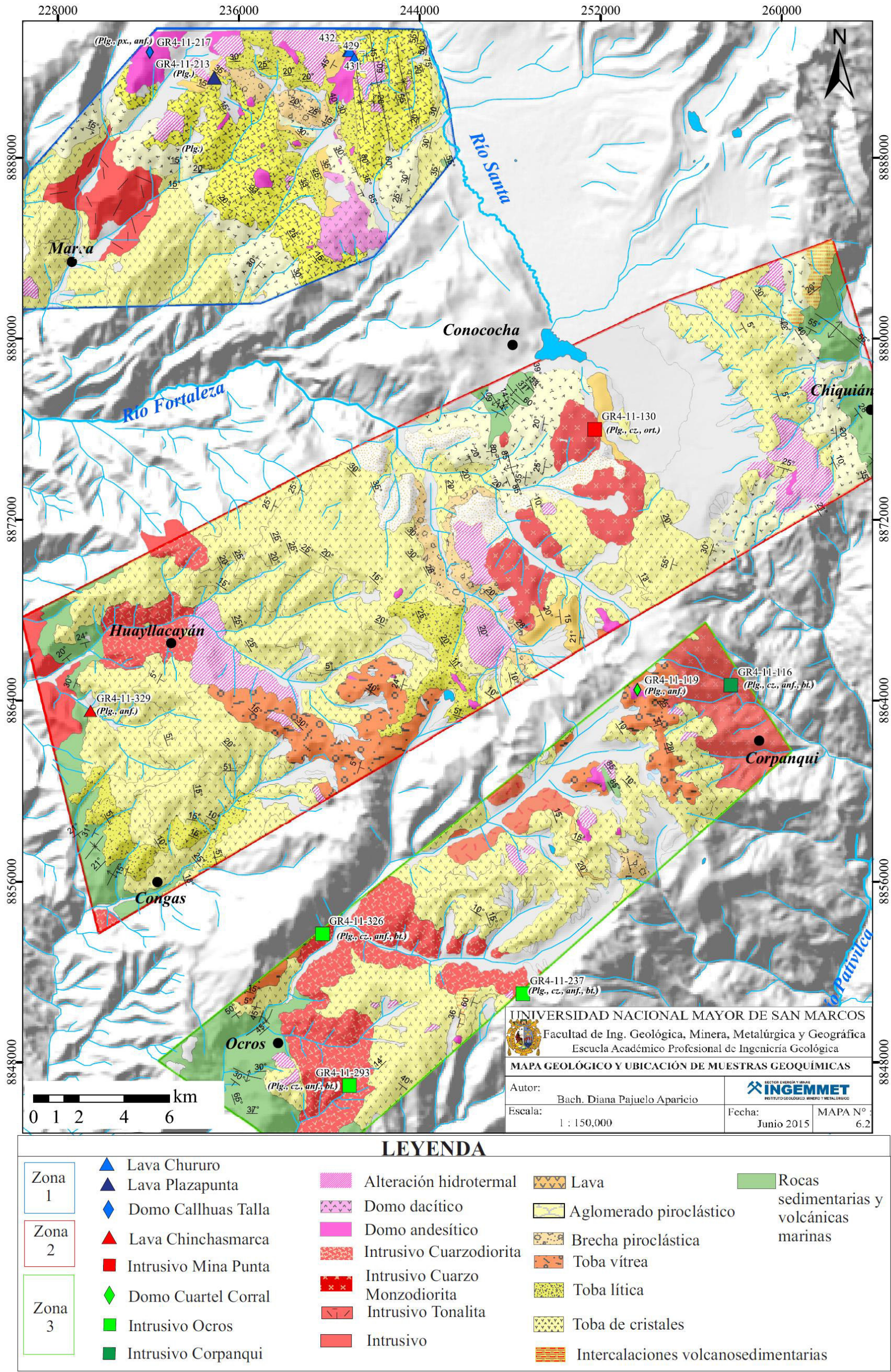
En el mapa se observa la distribución espacial de las muestras recolectadas para estudios de análisis geoquímico de rocas (Mapa N° 6.2).

La zona 1, presenta muestras ubicadas en el cerro Callhuas Talla (GR411-217), donde se encuentran emplazamientos de domos, en su matriz predominan minerales de plagioclasa, piroxeno y anfíbol, en el cerro Plazapunta (GR411-213) y Chururo (429_, 431_, 432) afloran lavas donde predominan minerales de plagioclasa.

En la zona 2, al sur de Huayllacallán, cerro Chinchasmarcha aflora en la base de las rocas volcánicas del Grupo Calipuy, emplazamientos de lavas (GR411-329), las cuales presentan minerales de plagioclasa y anfíbol. Al sur de la laguna Conococha, cerro Mina Punta, afloran rocas intrusivas (GR411-130) las cuales presentan minerales de plagioclasa, cuarzo y ortosa.

En la zona 3, noreste de Ocros, afloran rocas intrusivas (GR411-237, GR411-293, GR411-326) donde predominan minerales de plagioclasa, cuarzo anfíbol y biotita, del mismo modo al norte de Corpanqui afloran rocas intrusivas (GR411-116), que presentan los mismos minerales anteriormente mencionados. En el cerro Cuartel Corral, aflora el emplazamiento de un domo (GR411-119), donde predominan los minerales de plagioclasa y anfíbol (Mapa 6.2).

Los datos de los elementos mayores fueron recalculados al 100% libre de volátiles y en el caso de los elementos traza fueron analizados los elementos de Tierras raras normalizados al condrito.

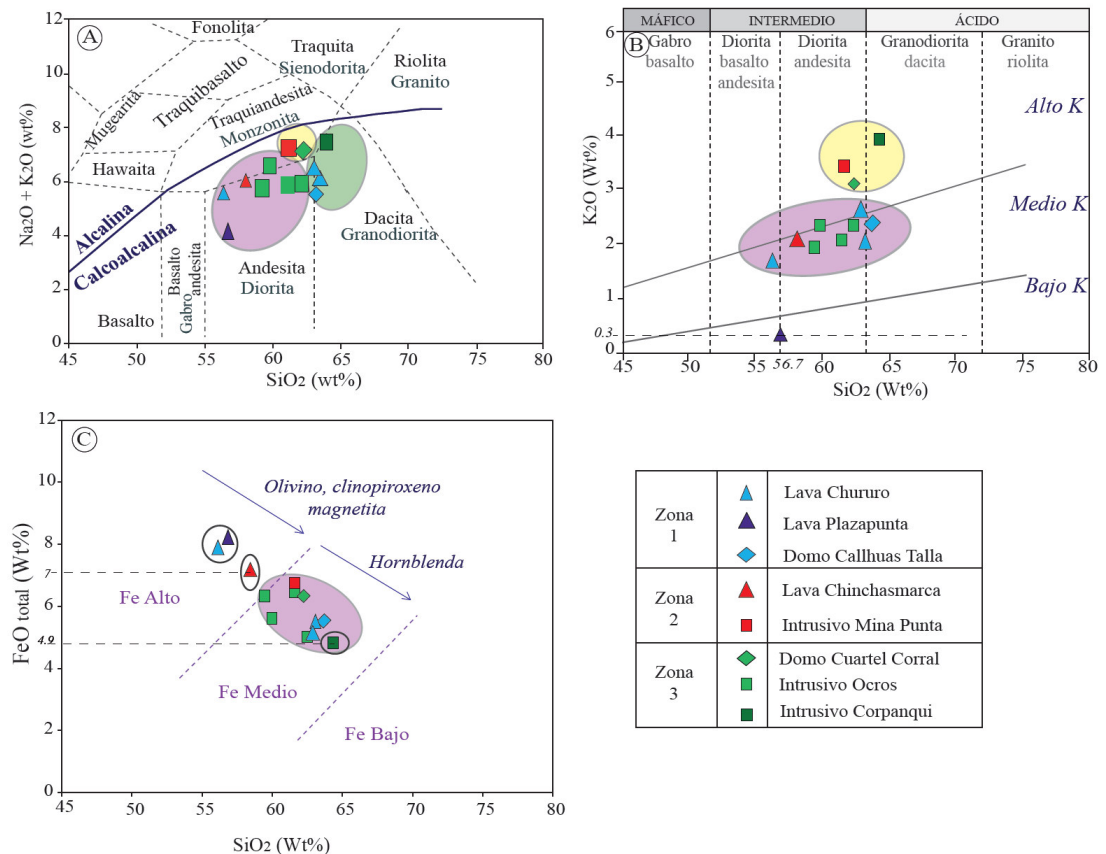


6.2.1 ELEMENTOS MAYORES

El diagrama de TAS (total Alkalís vs. Sílice) indica que las muestras de las tres zonas son calcoalcalinas (Figura 6.1 A), presentan sílice en un rango de 55 a 65 wt%, respecto a la variación de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ se encuentra entre 4 y 8 wt%. De acuerdo al diagrama, las rocas se agrupan en tres grupos, el primer grupo conformado por rocas intrusivas y emplazamientos de lava presentan tendencia al campo de las rocas diorita/andesita. El segundo grupo conformado por emplazamientos de lavas y domos ubicados en la zona 1, presentan cierta tendencia por el campo de rocas dacita y el tercer grupo conformado por rocas intrusivas y emplazamiento de domo presentan tendencia por el campo de las rocas monzonita. La roca intrusiva Corpanqui presenta tendencias entre los campos de roca monzonita y granodiorita.

En el diagrama de relación K_2O vs. Sílice según Rickwood (1989), las muestras se encuentran en un campo de composición intermedio a ácido (Figura 6.1 B), según se incrementa el contenido de sílice se incrementa el contenido de K_2O variando de 0.3 a 4 wt%. En el diagrama se observa que se forman tres grupos, el primero es de bajo contenido de K conformado por el emplazamiento de lava Plazapunta ubicado en la zona 1. El segundo grupo de rocas volcánicas e intrusivas presenta variación entre 1.5 a 3.8 wt% de K_2O y se encuentra dentro del campo de contenido medio de K. El tercer grupo conformado el emplazamiento de domo Cuartel Corral y rocas intrusivas Mina Punta y Corpanqui presentan contenido de K_2O mayor a 3wt% presentando contenido alto de K.

El diagrama $\text{FeO}_{\text{total}}$ vs Sílice (Figura 6.1 C), muestra una tendencia de alineación negativa que varía de 8 a 4 wt% mientras el contenido de SiO_2 varía entre 55 a 65 wt%. Las rocas tienden a presentar contenidos alto y medio de Fe, las que presentan cantidades mayores a 7 wt% corresponden a lava Plazapunta y Chururo de la zona 1 y la de contenido igual a 7 wt% se encuentra en la lava Chinchasmarcha. Estas cantidades indican la fraccionación de olivino, clinopiroxeno y magnetita. En el campo de contenido medio de Fe se encuentran las rocas intrusivas de Ocros y Corpanqui, además del emplazamiento de domo Cuartel Corral con cantidades mayor a 6wt%, luego con mayor cantidad de sílice se encuentran los emplazamientos de lavas Chururo y domo Callhuas Talla, finalmente la muestra con menor contenido de Fe (4.9wt%) es representada por el intrusivo Corpanqui. Las muestras ubicadas en el campo medio de Fe representan el comienzo de la fraccionación de minerales como la hornblenda.



6.2.2 DIAGRAMAS TIPO HARKER

En los diagramas tipo Harker se analizan los elementos mayores TiO_2 , Al_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O en relación con el incremento del SiO_2 .

En el diagrama TiO_2 vs SiO_2 (Figura 6.2 A), el contenido de TiO_2 varía entre 0.5 a 1.5 wt%, disminuye conforme aumenta el contenido de SiO_2 , formando así una tendencia de correlación negativa. El contenido de TiO_2 en el magma permite la fraccionación de titanita, magnetita e ilmenita, las muestras como los emplazamientos de lavas Chururo, Plazapunta, Chinchasmarcha y el intrusivo Mina Punta presentan ligero enriquecimiento en TiO_2 , esto podría explicar la presencia de magnetismo en estas rocas.

El diagrama Al_2O_3 vs SiO_2 (Figura 6.2 B), presenta valores de Al_2O_3 entre 14 y 17.5 wt%. La presencia de este elemento mayor permite incorporarse en la estructura de los minerales de clinopiroxeno y plagioclasa, las muestras obtenidas como en el caso de las lavas Plazapunta y Chururo se encuentran en una transición entre la fraccionación de estos dos minerales. Otro grupo presenta tendencia de una pendiente negativa lo que manifiesta la fraccionación de la plagioclasa o el proceso de mezcla. El intrusivo Mina Punta, presenta menor contenido de Al_2O_3 en relación de las otras muestras, lo que podría representar la tendencia del incremento en la fraccionación de la plagioclasa.

En el diagrama MnO vs SiO_2 (Figura 6.2 C), los valores de MnO varían entre 0.025 a 0.25 wt%, las muestras que representan los emplazamientos de lava indican valores mayores a 0.14 wt%, por el

contrario las rocas intrusivas y emplazamientos de domo presentan valores menores. Las muestras de rocas intrusivas Ocos, Mina Punta, Corpanqui y domo Callhuas Talla, que se encuentran en círculo son las rocas que presentan feldespatos potásicos encontrados en el microscopio. El emplazamiento de domo Cuartel Corral presenta menor contenido de MnO, lo cual indica la incorporación de este óxido en la estructura cristalina de los minerales anteriormente mencionados.

En el diagrama MgO vs. SiO₂ (Figura 6.2 D), presenta una correlación lineal negativa, el MgO presenta valores entre 1 a 5 wt%. La muestra del emplazamiento de lava Plazapunta presenta alto contenido (>4 wt%) de MgO respecto a las demás muestras. En las primeras etapas de fraccionación se encuentran los minerales de olivino y piroxeno, posteriormente de plagioclasas. Lava Plazapunta podría encontrarse en esta transición de fraccionación pero el resto de muestras presenta una mayor tendencia de fraccionación de plagioclasas.

En el diagrama CaO vs. SiO₂ (Figura 6.2 E), tiene correlación negativa, los valores de CaO varían entre 3 a 8 wt%. Existe una disminución progresiva de CaO, conforme se incrementa el contenido de SiO₂. Las muestras se agrupan en el sector donde se indica la fraccionación de olivino, clinopiroxeno y plagioclasa. Se puede considerar que el contenido de CaO es mayor en los emplazamientos de lava como Plazapunta, una de Chururo y Chinchasmarcha, lo cual indica la mayor fraccionación del olivino o clinopiroxeno.

En el diagrama Na₂O vs SiO₂ (Figura 6.2 F), las muestras presentan valores entre 3 a 4.5 wt% de Na₂O y se agrupan en la transición entre la fraccionación de olivino – clinopiroxeno y plagioclasa. El diagrama indica que no presenta la incorporación de este óxido en la estructura cristalina de los primeros minerales que fraccionan en el magma.

En los diagramas de Harker indica la similitud en contenido de óxidos respecto a los emplazamientos de lava Plazapunta y Chururo en el caso de menor contenido de SiO₂ y la tendencia a presentar los mismos valores con la lava Chinchasmarcha.

Sólo en el caso de MnO las lavas presentan mayor contenido que las rocas intrusivas y los domos.

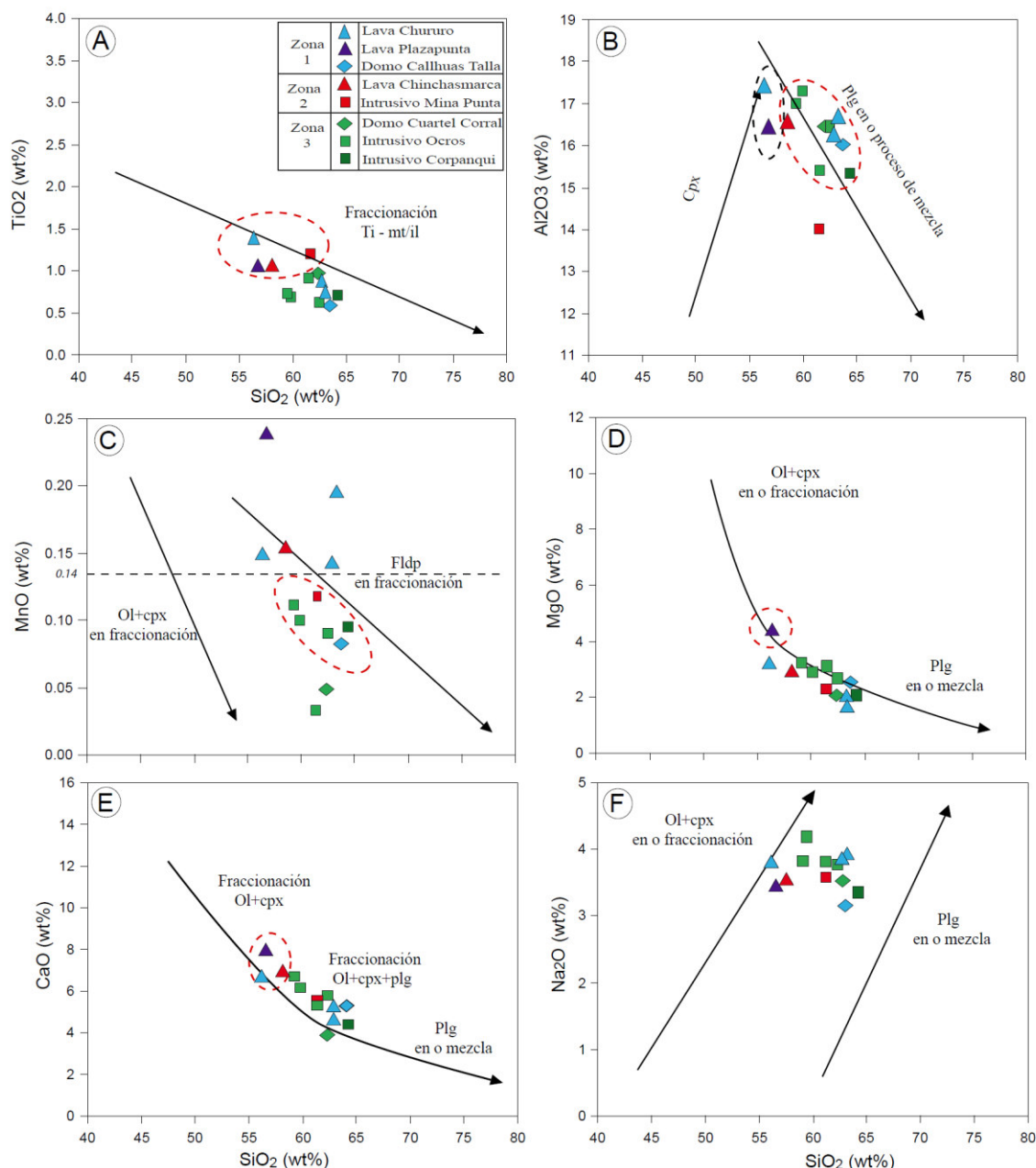


Figura 6.2.- (A), (B), (C), (D), (E) y (F) Diagramas tipo Harker para las rocas ígneas, los contenidos de óxidos fueron recalculados al 100% y se encuentran libres de base de volátiles.

6.2.3 ELEMENTOS TRAZA

A) Razones entre cocientes

El cálculo de las razones entre cocientes se realizó en base a los elementos de tierras raras (REE), se tomaron en cuenta 3 diagramas representativos mostrados en la figura 6.3.

La correlación de Dy/Yb vs. SiO₂ (Figura 6.3A) muestra valores de Dy/Yb desde 1.5 a 3wt%. En las rocas con emplazamiento de lava y domo de Chururo, Plazapunta, Callhuas Talla presentan valores mayores a 2wt% indicando la tendencia a fraccionar granate. Por el contrario el resto de muestras se agrupan en la fraccionación de anfíbol. En la correlación del Sm/Yb vs. SiO₂ (Figura 6.3 B), las 4 muestras que pertenecen a la zona 1, vuelven a resaltar y agruparse en contenidos mayores a 2.7wt%, presentan transición entre la fraccionación de clinopiroxeno y anfíbol y las

otras dos muestras de lava Chururo y domo Callhuas Talla indican la fraccionación de anfíbol formados a una mayor presión.

En el diagrama Ce/Y vs SiO₂ (Mantle & Collins, 2008), se analizan los valores de la correlación Ce/Y de las rocas volcánicas para conocer la profundidad estimada en la cual se generaron los magmas respecto a una columna vertical (Figura 6.3 C).

Las rocas volcánicas presentan valores de Ce/Y desde 1.5-3wt%, correspondiendo el menor a valor a la lava Chinchasmarcha estimando un espesor cortical aproximado de 25km, los emplazamientos de domo y lava presentan valores mayores (> 1.5wt%), estimando que el espesor cortical es ligeramente mayor respecto a la cual se formó el emplazamiento de lava Chinchasmarcha.

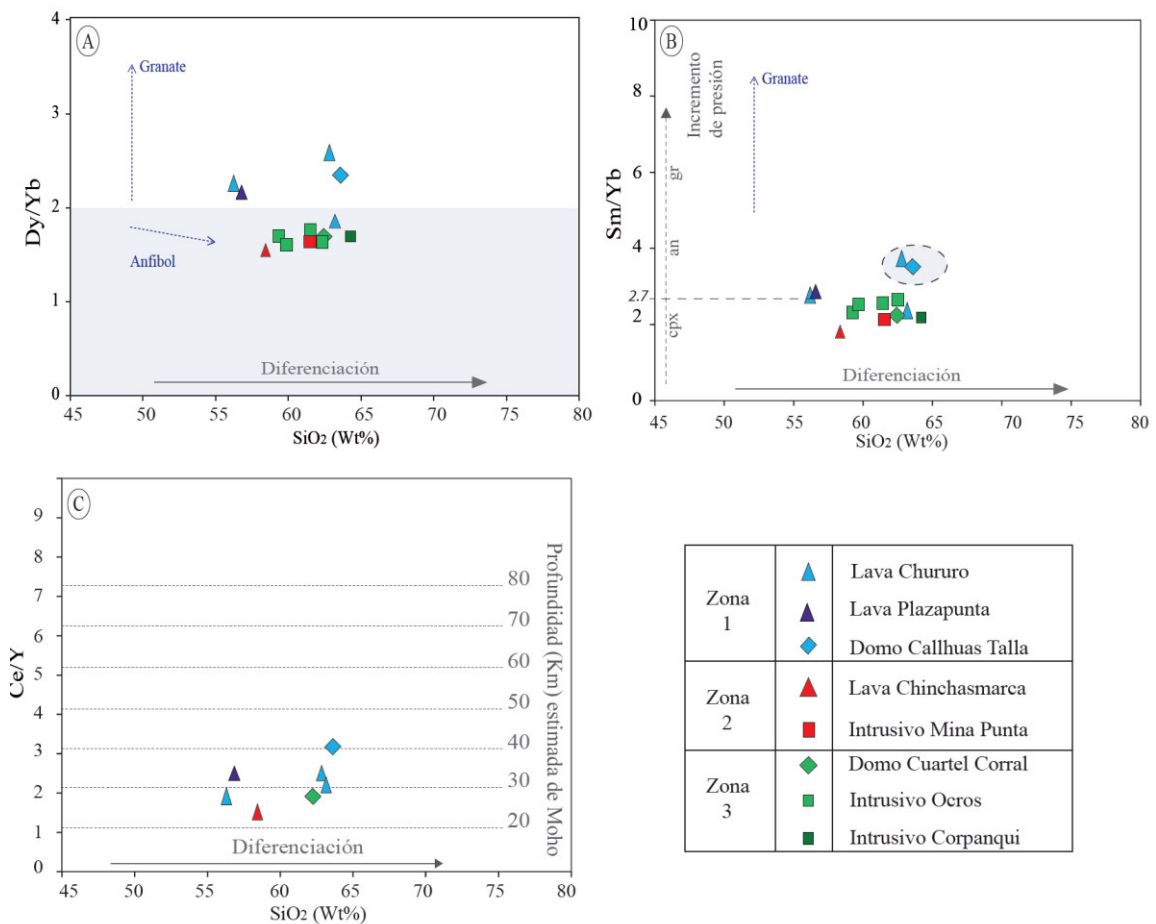


Figura 6.3.- Diagrama de relación de cocientes de elementos traza (A) Dy/Yb y (B) Sm/Yb vs. Sílice en rocas intrusivas y volcánicas, y (C) Ce/Y vs. Sílice en rocas volcánicas.

B) Relación de ocurrencia de minerales respecto a la geoquímica de rocas volcánicas e intrusivas.

De acuerdo al análisis de relación entre elemento compatible e incompatible de Ce/Y vs Ce (Figura 6.4 A), indica que el emplazamiento de lava Plazapunta y domo Callhuas Talla derivan de la fusión parcial de la eclogita indicando la presencia de minerales formados a mayor presión como el piroxeno mientras que las lavas Chururo derivan de la fusión parcial de la anfibolita teniendo como característica estas rocas a formar minerales tales como plagioclasa, clinopiroxeno, ortopiroxeno y anfíbol, en una corteza de 25-45 km.

Las rocas intrusivas de Ocos presentan una tendencia de derivar de la fusión de la corteza anfibolítica y las rocas volcánicas Chinchamarca, Cuartel Corral e intrusivas Mina Punta y Corpanqui, derivan de una cristalización fraccionada a profundidad somera.

En el diagrama Eu/Eu* vs Sr/Y (Figura 6.4 B) también se puede identificar los procesos de fraccionación de los magmas. Este diagrama muestra que todas las muestras provienen de magmas húmedos. Los emplazamientos de lava Chinchamarca, domo Cuartel Corral y rocas intrusivas Mina Punta y Corpanqui provienen de magmas con asimilación somera con tendencia a formar fraccionación de plagioclasas. Por el contrario los emplazamientos de lava Chururo y Plazapunta, domo Callhuas Talla y roca intrusiva Ocos indican que la asimilación de los magmas fue profunda y la fraccionación que predominó fue de hornblendas.

Según el análisis de $\text{FeO}_{\text{total}}$ vs. Eu/Eu* (Lang & Baker, 2001), las rocas de la zona de estudio (Figura 6.4 C) pertenecen a una corteza continental en la cual las rocas intrusivas Mina Punta y Corpanqui se adecuan por sus valores de FeO y Eu/Eu* a encontrarse dentro de las series Ilmenita, la roca intrusiva Corpanqui según indica el diagrama proviene de magmas húmedos con asociación de elementos litófilos reducidos moderadamente y presenta afinidad por las ocurrencias minerales de W. En el caso de las otras muestras se encuentran dentro de la serie magnetita, en la cual parte de los emplazamientos de lava Chururo, domo Callhuas Talla y rocas intrusiva Ocos se encuentran asociados a elementos calcófilos, el emplazamiento de domo Cuartel Corral y parte de rocas intrusivas Ocos están asociadas a ocurrencias de Cu-Mo. Respecto a las rocas volcánicas de la zona 1, el parte del emplazamiento de lavas Chururo sobretodo las que presentan contenido intermedio de SiO_2 , se encuentran asociados a ocurrencias de Cu-Au, las otras rocas volcánicas con mayor contenido de SiO_2 presentan asociación con ocurrencias de Cu-Zn-Pb(Ag).

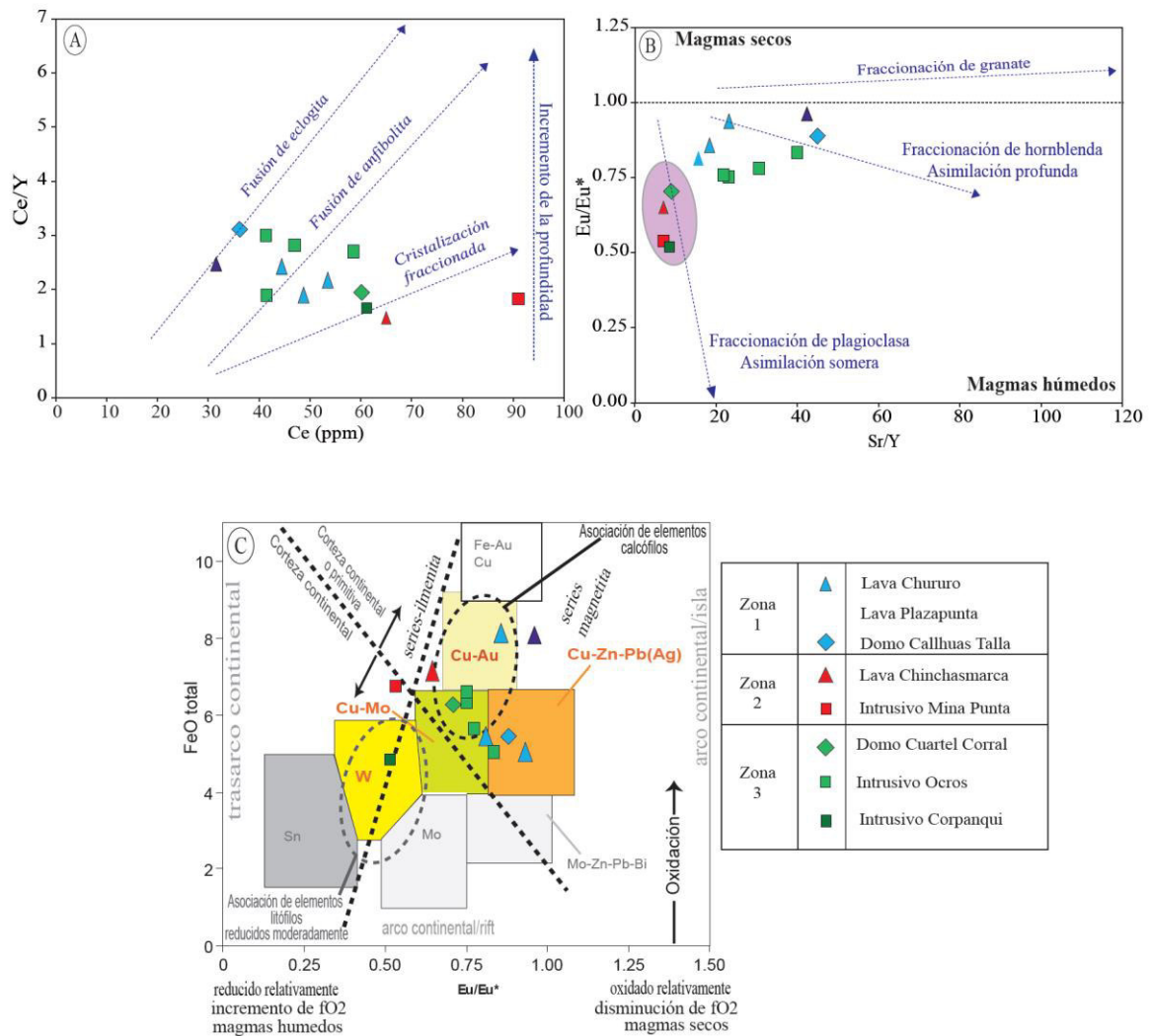


Figura 6.4.- Diagramas de razones entre cocientes (A) Ce/Y vs. Ce determina la asociación respecto a la fusión del a corteza terrestre, (B) Eu/Eu^* vs. Sr/Y , donde indica el tipo de magma y el nivel de asimiliación en la corteza; y (C) el diagrama FeO_{total} vs. Eu/Eu^* indica la asociación con los elementos calcófilos y litófilos y respectiva asociación con ocurrencias minerales, de acuerdo a Lang & Baker (2001).

C) Perfiles de concentración de Tierras Raras

Los elementos de tierras raras están normalizados al condrito, en base a un grupo de elementos de la serie de los lantánidos. En el diagrama la ubicación de cada elemento es de acuerdo al incremento de su número atómico. En el lado izquierdo se ubican las tierras raras ligeras o LREE (La, Ce, Pr, Nd y Sm) y en la derecha las tierras raras pesadas (Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb y Lu).

En el diagrama de perfil de concentración de las rocas volcánicas (Figura 6.5) indica que las rocas se encuentran enriquecidas en LREE. El emplazamiento de lava Chinchamarca y domo Cuartel Corral mantienen similar signatura respecto a otras muestras, incluyendo anomalía de Eu. Sin embargo, presentan diferencias como empobrecimiento en HREE respecto a las lavas Chinchamarca y estas lavas presentan empobrecimiento de La. Las signaturas de los emplazamiento de lava Chururo son similares excepto en el empobrecimiento de HREE que presenta una de ellas y se asemeja en este sector a la signatura del emplazamiento de lava Plazapunta. Entonces, los emplazamientos de lava ubicados en la zona 1, presentan diferencias en

la signatura entre ellas respecto al empobrecimiento de HREE, sobre todo en las lavas que presentan contenido intermedio de SiO₂.

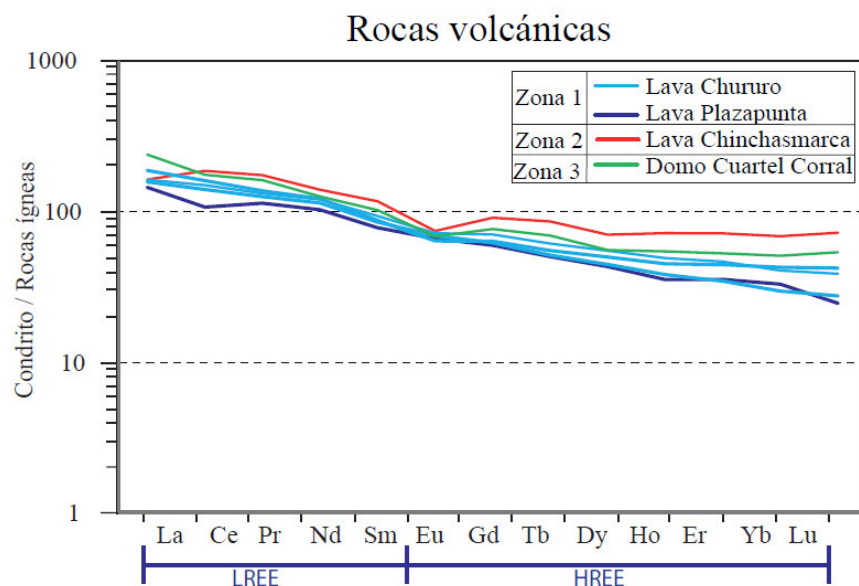


Figura 6.5.- Perfil de concentración de Tierras Raras para rocas volcánicas.

En el diagrama de perfil de concentración de rocas intrusivas (Figura 6.6), las signaturas de las rocas intrusivas Mina Punta y Corpanqui son similares, los LREE presentan mayor concentración respecto a las HREE, sin embargo la concentración de Tierras Raras es mayor en las rocas intrusivas de Mina Punta.

Las signaturas de las rocas intrusivas de Ocros no guarda similitud con las otras signaturas, sin embargo, todas las muestras que provienen de Ocros presentan signatura similar, sólo existe una ligera disminución en la concentración de HREE. Se podría considerar dos grupos con características similares entre las rocas intrusivas de Ocros y las rocas intrusivas Mina Punta y Corpanqui.

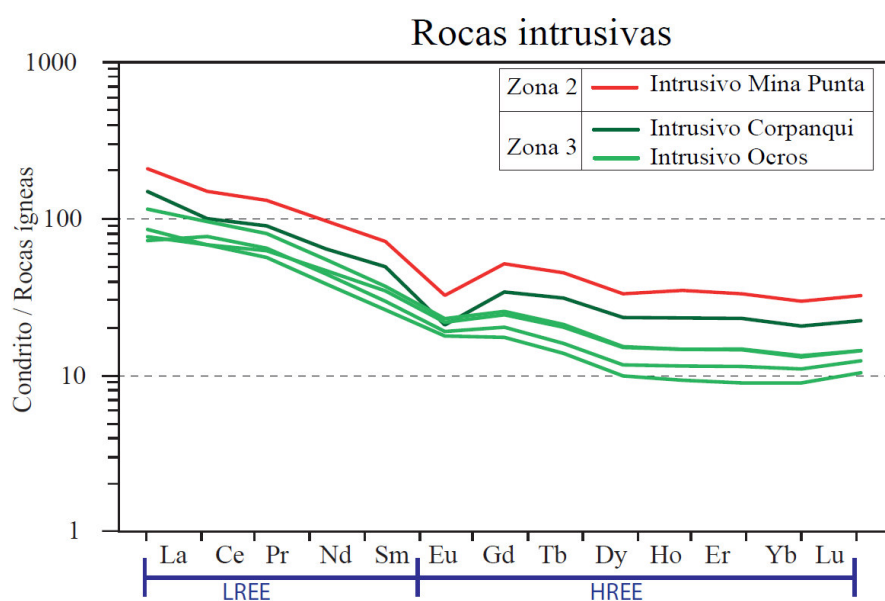


Figura 6.6.- Perfil de concentración de Tierras Raras para rocas intrusivas.

CAPÍTULO VII

EVOLUCIÓN VOLCÁNICA Y EMPLAZAMIENTO DE ROCAS INTRUSIVAS

7.1 PRE CALIPUY (CRETÁCICO SUPERIOR – PALEÓGENO)

Las rocas del Grupo Goyllarisquizga y Casma se encuentran con plegamientos y aflorando en el terreno continental, estos afloramientos se encuentran cortados por rocas intrusivas del Batolito de la Costa. Sobre las rocas del Grupo Goyllarisquisga se depositan secuencias de conglomerados (Localidad de Tapacocha) y brechas (Laguna Conococha) de areniscas cuarzosas. En otras zonas se registran depósitos volcanosedimentarios rojizos de fina estratificación (Localidad de Pacar y Chiquián), de acuerdo a la litología resultan relacionadas a la Formación Huaylas o Casapalca. Estos tipos de depósitos no se registran sobre el Grupo Casma.

7.2 FORMACIÓN DEL ARCO VOLCÁNICO CONTINENTAL – GRUPO CALIPUY (EOCENO – MIOCENO INFERIOR?)

7.2.1 FORMACIÓN INFERIOR O CHICCHEPUNTA

En la primera etapa se emplazan lavas andesíticas las cuales derivan de magmas con altos contenidos de Fe. Según la geoquímica, la razón entre cocientes de los elementos traza indica que los magmas se originaron a baja presión y profundidad somera. El contenido de REE es mayor respecto a otros eventos volcánicos.

Por encima de estas unidades se extienden grandes espesores de tobas de cristales, con intercalaciones de tobas líticas. La mayor cantidad de espesor se concentra a los alrededores de la localidad de Marca, Huallacayán y Congas, el espesor disminuye al sur de Ocos (Mapa N° 5.7).

A) Rocas Intrusivas

Dos tipos de rocas intrusivas cortan a estas rocas volcánicas. El primer tipo, son rocas intrusivas cuarzdiorita, afloran a los alrededores de Ocos. Los magmas que los originaron presentan asimilación profunda y bajo contenido de REE.

El segundo, son rocas intrusivas monzodioritas, afloran al sur de la laguna Conococha (Mina Punta y Corpanqui), derivan de magmas con alto contenido de K_2O y Ce. Además, estos magmas se originaron a niveles someros.

7.2.2 FORMACIÓN MEDIO O PIRCAY

En la segunda etapa de emplazamiento, las rocas volcánicas cubren a las rocas ígneas anteriores en una ligera discordancia angular, se registran como característica principal el emplazamiento de aglomerados y brechas piroclásticas, intercaladas con finas estratificaciones de tobas. La mayoría de bloques y bombas son de origen volcánico y sedimentario. Los mayores espesores litológicos se encuentran a los alrededores del río Santa (Mapa N° 5.7). Indicando que uno o varios centros de emisión pudieron estar ubicados en la prolongación del río Santa y así haber ocurrido la migración del arco volcánico de oeste a este.

A) Sistema de fallas

El sistema de fallas Mayocancha, Lliuyac Cruz y río Santa se encontraban activos, ayudando al levantamiento de las unidades sedimentarias de las rocas del Cretáceo, afectando a las unidades volcánicas de la primera etapa, ubicadas al oeste del río Santa.

La falla Lliuyac Cruz ayudó a la formación de centros de emisión, los cuales se formaron en el norte (Cerro Jatunan) y en el sur (Cerro Paltacayan). Actualmente, se les pueden identificar por los drenajes circulares, sugiriendo la formación de dos tipos de calderas.

7.2.3 FORMACIÓN SUPERIOR O CHURURO

Emplazamiento del centro de emisión Jatunan el cual se caracteriza por presentar tobas, brechas, aglomerados y lavas en finas estratificaciones, cortan domos andesíticos y dacíticos con magnetismo. Las características geoquímicas de las lavas y domos indican que el contenido de K_2O varía desde contenidos bajos a altos y de acuerdo a la razón entre cocientes de los elementos traza, los magmas se generaron a niveles profundos y alta presión.

Mientras tanto en el sur, se emplazaba el centro de emisión Paltacayan, con características geoquímicas diferentes, actualmente se encuentran aflorando emplazamientos de tobas, lavas y domos andesíticos, cuarzoandesitas. Las rocas volcánicas se emplazan con altos contenido de K_2O y Ce. Los magmas derivan de profundidades someras, característica geoquímica similar al intrusivo monzodiorita Corpanqui.

7.3 POST CALIPUY

El sistema de fallas Lliuyac Cruz y río Santa deforman los depósitos volcánicos del Grupo Calipuy y provocaron el colapso del centro de emisión.

Luego de la etapa de tranquilidad de los eventos volcánicos Calipuy, se emplazan sobre el paleovalle del río Fortaleza los depósitos piroclásticos de la Formación Fortaleza que presentan dirección de flujo en sentido noreste - suroeste.

Durante el Plioceno, la falla del río Santa ayuda en la formación de la altiplanicie fluvio-glaciaria, en este lugar se ubica el Grupo Lloclla, mientras que al este se emplazó el Batolito de la Cordillera Blanca.

CONCLUSIONES

- ❖ En el segmento sur de la Cordillera Negra afloran variedad de unidades volcánicas, sin embargo se pueden agrupar en tres formaciones que representan a tres etapas de episodios volcánicos.
- ❖ La primera es de carácter explosivo y se encuentran cortadas por rocas intrusivas, en la segunda etapa, predominan aglomerados y brechas piroclásticas y en la tercera etapa, presenta intercalaciones de eventos explosivos y efusivos, con domos andesíticos y dacíticos cortando las unidades volcánicas.
- ❖ Existen las variaciones litológicas laterales.
- ❖ La identificación espacial de las unidades volcánicas y formaciones ayuda a ubicar el lugar donde se encontraba el arco volcánico y los respectivos centros de emisión en los últimos eventos.
- ❖ La geomorfología, afloramientos de lavas y domos ayudan a identificar el centro de emisión.
- ❖ En una misma formación o episodio volcánico se identifican dos centros volcánicos (Jatunan y Paltacayan), con características petrográficas y geoquímicas diferentes.
- ❖ El centro de emisión Jatunan presenta características que lo relaciona al sector lateral de una caldera de forma elipsoidal y podría encontrarse en la etapa de colapso.
- ❖ El centro de emisión Paltacayan presenta características de una caldera en la etapa de resurgencia.
- ❖ Respecto a la relación entre rocas volcánicas e intrusivas, las rocas volcánicas del centro de emisión Paltacayan presentan similitudes magmáticas en los resultados de análisis geoquímico con respecto a las rocas intrusivas Mina Punta y Corpanqui. Alto contenido de K_2O y Ce, en ambos casos los magmas derivan de profundidades someras.
- ❖ Los magmas que formaron al intrusivo Corpanqui tienen afinidad por elementos como el W
- ❖ Las diferencias litológicas, petrográficas y geoquímicas entre los centros de emisión Jatunan y Paltacayan se debe a que provienen de cámaras magmáticas diferentes.
- ❖ Las fallas Mayocancha, Lliuyac Cruz y río Santa, han desempeñado un papel importante para el emplazamiento de centros de emisión y su posterior destrucción.

RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar estudios de datación radiométrica para poder determinar la edad geocronológica de cada evento.

BIBLIOGRAFÍA

- Allende, T. (1996) - Geología del cuadrángulo de San Pedro de Chonta. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 68.
- Atherton, M.; McCourt, W.; Sanderson, L. M.; Taylor, W. (1979) - The geochemical character of the segmented peruvian coastal batholith and associated volcanics. Origin of granite batholiths; geochemical evidence. Editorial Shiva. Pp. 45 -64.
- Atherton, M. P.; Sanderson, L. M.; Warden, V. & McCourt, W. J. (1985) - The volcanic cover: chemical composition and the origin of the magmas of the Calipuy Group, Magmatism at a plate edge. The Peruvian Andes. Glasgow: Blackie & Son, 1985, pp. 273-284.
- Benavides, V. (1956) - Cretaceous system in Northern Peru. Columbia University New York. American Museum of Natural History, Bulletin, vol. 108 art. 4
- Bonot D. (1984) – Neotectonique et tectonique active de la Cordillere Blanche et du Callejón de Huaylas (Andes nord-peruviennes). Tesis Doctoral. Université de Paris-Sud.
- Bussell, M.A., (1975) - The structural evolution of Coastal Batholith in the provinces Ancash and Lima, central Perú. Ph.D. Thesis
- Castro A. (1989) – Petrografía básica: Texturas, clasificación y nomenclatura de rocas. Ed. Paraninfo. 139 p.
- Chavez, L.; Navarro, P.; Rodríguez, F. & Martiarena, R. (2010) - Estratigrafía volcánica del Cenozoico - Grupo Calipuy: Segmento Cordillera Negra (zona norte), Ancash. XV Congreso Peruano de Geología, Cusco, Perú, Resúmenes Extendidos, p. 838 - 841.
- Cobbing, E. J.; Sánchez, A.; Martinez, W., Zárate H. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca (hojas: 20-h, 20-i, 20-j, 21-j), INGEMMET, boletín serie A, n. 76, 297 p.
- Cossío, A. (1964) - Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa. Serie A: Carta geológica Nacional, n.8, 69p., INGEMMET.
- Enríquez, J. A. (1999) - Estratigrafía y factores metalogenéticos en la Cordillera Negra (Andes Centrales entre los 8°30' y 10°S). Universidad Nacional Mayor De San Marcos. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica.
- Farrar, E.; Noble, D. (1976) - Timing of Late Tertiary deformation in the Andes of Peru Geological Society of America Bulletin, vol. 87, n. 9, pp. 1247-1250, September.
- Fisher, R.V. (1961) - Proposed classification of volcanoclastic sediments and rocks. Geol. Soc. Amer. Bull. 72: 1409-1414.
- Fisher, R.V. (1966) - Rocks composed of volcanic fragments and their classification: Earth Science. Reviews, v. 1, p. 287-298
- Frost, B.D., Barnes, C.G., Collins, W.J., Arculus, R.J., Ellis, D.J., and Frost, C.D. (2001) - A geochemical classification for granitic rocks: Journal of Petrology, v. 42, no. 11, p. 2033-2048.

- Giovanni M. K. (2007) – Tectonic and Thermal evolution of the Cordillera Blanca detachment system, Peruvian Andes: Implications for normal faulting in a contractional Orogen. University of California. Los Ángeles.
- Gutscher, M.A.; Olivet, J.-L.; Aslanian, D.; Eissen, J.R. & Maury, R. (1999) - The "lost Inca Plateau": cause of flat subduction beneath Peru?. *Earth and Planetary Science Letters* 171. 335 - 341.
- Hedber, H. (1980) – Guía para la clasificación, terminología y procedimientos estratigráficos. Subcomisión internacional de clasificación estratigráfica de la comisión de Estratigrafía de la UICG. Versión español. Editorial Reverté.
- Ishihara, S. (1977) – The magnetite – series and ilmenite – series granitic rocks. *Mining Geology* 27, 293 – 305.
- Kay, S & Mpodozis, C. (2001) – Subduction Systems and Thickening crust. The geological Society of America. Vol 11. Marzo.
- Knox, Gordon J. (1971) - The structure and emplacement of the rio Fortaleza centred acid complex Ancash, Peru, Tesis Doctoral, Universidad Liverpool.
- Lang, J.R. & Baker, T. (2001) – Intrusion – related gold systems: the present level of understanding. *Mineralium Deposita*, 36(6): 477 – 489.
- Le Maitre, R.W.; Bateman, P.; Dudek, A.; Keller, J. (1989) – A Classification of Igneous rocks and Glossary of terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences. Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Lipman, P. (1984) – The roots of ash flow calderas in western north America: Windows into the tops of granitic Batholiths. *Journal of Geophysical Research*, vol. 89, n° b10, 8801-8841 pp. September.
- Mamani, M.; Navarro, P.; Carlotto, V.; Acosta, H., Rodriguez, J.; Jaimes, F.; Santos, A.; Rodriguez, R.; Chavez, L.; Cueva, E. & Cereceda C. (2010) - Arcos magmáticos meso-cenozoicos del Perú, XV Congreso Peruano de Geología, Resúmenes Extendidos, p. 563-566.
- Mantle, G.W.; Collins, W.J. (2008) – Quantifying crustal thickness variations in evolving orogens: Correlation between arc basalt composition and Moho depth. Geological Society of America. 23 de Enero.
- Martinod, J.; Husson, L.; Roperch, P.; Guillaume, B. & Espurt N. (2010) - Horizontal subduction zones, convergence velocity and the building of the Andes. *Earth and Planetary Science Letters* 299 (2010) 299–309.
- Mcphie, J.; Doyle, M. & Allen, R. (1993) - Volcanic textures: A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks. Hobart:University of Tasmania, Centre for Ore Deposit and Exploration Studies. 196 p.
- Myers, John S. (1975) - Cauldron subsidence and fluidization: mechanisms of intrusion of the Coastal Batholith of Peru into its own volcanic ejecta. Geological Society of America. Bulletin, vol. 86, pp. 1209-1220, September
- Myers, J. S. (1976) - Erosion surfaces and ignimbrite eruption measures of Andean uplift in northern Peru. *Geological Journal*, vol. 11, Pt. 1, pp. 29-43, 1976.

- Myers, J. S. (1980) - Geología de los cuadrángulos de Huarmey y Huayllapampa, Hojas 21-g y 21-h. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, vol. 33.
- Navarro, P. A.; Mamani, M. (2009) - Geocronología, Geoquímica y Estratigrafía volcánica del Cenozoico (Grupo Calipuy) en Otuzco y Huamachuco, Norte del Perú. Sociedad Geológica del Perú. Boletín, n. 103, pp. 233-243.
- Noble, D.; McKee, E. (1977) - Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America: comment *Geology*, vol. 5, n. 9, pp. 576-578.
- Noble, D.; Wise, J.; Vidal, C.; Heizler, M. (1999) - Age and deformational history of the "Calipuy Group" in the Cordillera Negra, northern. En: Sociedad Geológica del Perú, 75° Aniversario de la Sociedad Geológica del Perú. Lima: Soc. Geol. Perú, Volumen Jubilar 5, p. 45-66.
- Pardo-Casas F., Molnar P. (1987) – Relative motion of the Nazca (Farallon) and South American plates since late Cretaceous time.
- Petford, N.; Atherton, M. (1994) - Cretaceous-Tertiary volcanism and syn-subduction crustal extension in northern central Peru. Volcanism associated with extension at consuming plate margins. . London: Geological Society, 1994, pp. 233-248 Special Publication.
- Pilger, Jr., Rex, H. (1984) - Cenozoic plate kinematics, subduction and magmatism: South American Andes. Geological Society of London. Vol. 141, 1984, pp. 793-802.
- Pitcher, W. S. (1978) - The anatomy of a batholith. *Journal of the Geological Society*, vol. 135, part 2, pp. 157-182, March
- Reyes, L. (1980) - Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Hojas 15f, 15g, y 16g. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 31, 67 p.
- Rickwood P.C. (1989) – Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements. *Lithos*. 22, 247 – 263.
- Rivera, M.; Monge, R. & Navarro, P. (2005) - Nuevos datos sobre el volcanismo cenozoico (Grupo Calipuy) en el norte del Perú: departamentos de La Libertad y Ancash. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, v. 99, p. 7-2
- Rollinson, H. (1993) – Using Geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Essex: Longman Scientific & Technical. 352 p. Longman Geochemistry Series.
- Romero, D.; Quispe, J. L. (2008) - Control estructural de la cuenca Jurásico-Cretácico (Chicama-Goyllarisquiza), del Perú centro-norte. Congreso Peruano de Geología, 14. Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, PE, 20 setiembre - 3 octubre 2008, Resúmenes. Lima: Sociedad Geológica del Perú
- Sebrier, M.; Laubacher, G.; Marocco, R.; Lavenu, A., Servant M. (1980) – Evolution tectonique cénozoïque des Andes centrales. (sud Pérou-Bolivie). 26ème Congrès Géol. International, Paris 7-17 Juillet 1980, résumés, vol. I.
- Sigurdsson, H.; Houghton, B.; Rymer, H.; Stix, J., McNutt S. (1999) – Encyclopedia of Volcanoes. Academic Press. 1417 p.
- Stappenbeck R. (1929). Geologie des Chicamatales in Nord Peru und seiner Anthracit lagerstätten. *N.Jb.Geol. Pal., Stuttgart, Abh.*, 16, H.4, p: 305-355.

- Somoza R. (2005) - Cenozoic convergence in western South America: Subduction of the Nazca, Farallon, and Aluk plates. 6th International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG 2005, Barcelona), Extended Abstracts: 681-684.
- Soler, P., Bonhomme M. (1990) - Relation of magmatic activity to plate dynamics in central Peru from Late Cretaceous to present. Geological Society of America, Special Paper 241.
- Webb, S. (1976) - The volcanic envelope of the coastal batholith in Lima and Ancash, Peru. Tesis doctoral. Universidad de Liverpool.
- Wilson, J. J.; Reyes, L., Garayar, S. J. (1967) - Geología de los cuadrángulos de Mollebamba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Carhuaz y Huari. (Hojas 17-h, 17-i, 18-i, 19-h, 19-i). INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 16, 95 p.
- Wilson, J. (1963) - Cretaceous stratigraphy of Central Andes of Peru. A.A.P.G. Bulletin, vol. 47, n. 1, pp. 1-34, January 1963.
- Wilson, P. A. (1975) - Potassium-argon age studies in Peru with particular reference to the chronology of emplacement of the coastal batholith. Tesis Doctoral. Universidad de Liverpool.